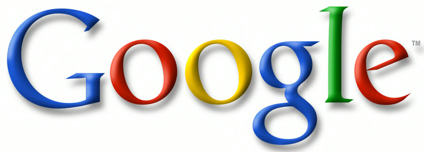


ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS OU FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. AD. BRONGNIART ET J. DECAISNE

VIII

PARIS
VICTOR MASSON ET FILS,
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1867

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

ÉTUDES

SUR

LA VÉGÉTATION DU SUD-EST DE LA FRANCE

A L'ÉPOQUE TERTIAIRE,

Par M. le comte GASTON DE SAPORTA.

TROISIÈME PARTIE.

I

OBJET ET DIVISION DE LA TROISIÈME PARTIE.

Nous abordons la fin de nos études sur la végétation tertiaire. Cette dernière partie se divisera comme les précédentes en plusieurs sections dont nous allons définir l'objet en peu de mots. En nous éloignant d'Armissan, nous rencontrons en Provence plusieurs dépôts de plantes fossiles, qui paraissent postérieurs à cette localité. C'est d'abord celui de *Bonnieux*, placé presque au contact de la mollasse marine, mais que des considérations particulières nous déterminent à ranger avant les autres. Ensuite se présente l'horizon très-net des lits schisteux ou calcaréo-marneux, plus ou moins bitumineux, qui accompagnent et surmontent les lignites du bassin de *Manosque* et de *Forcalquier*.

Ces lits sont remplis, sur divers points, d'un grand nombre de plantes fossiles qui se rapportent également au même niveau géognostique; il est donc naturel d'en former une seule flore dont toutes les espèces ont dû faire partie autrefois d'un même ensemble. Après les couches de Bonnieux, après celles des lignites de Manosque, il nous reste à décrire les plantes recueillies dans les argiles miocènes du bassin de *Marseille*, qui nous paraissent les plus récentes de celles qui ont été observées jusqu'ici dans la région méditerranéenne française. Au delà s'étend une lacune qui ne cesse qu'avec le terrain quaternaire, et sur laquelle, en ce qui concerne la Provence, les notions sont nulles ou tellement incomplètes qu'il vaut mieux n'y pas insister. Notre tâche serait donc achevée avec la description de la flore du bassin de Marseille; mais il nous a paru nécessaire de la compléter par une révision de celle des gypses d'Aix, la plus importante comme la plus curieuse de notre série tertiaire. Des explorations répétées ont mis entre nos mains de précieux échantillons inédits; en outre, beaucoup d'espèces nouvelles sont venues accroître la liste de celles que nous avons signalées en premier lieu, et parmi ces dernières il en est plusieurs pour lesquelles la connaissance d'échantillons plus variés et plus complets est venue modifier nos opinions, en nous suggérant l'idée de rapprochements plus probables ou tout à fait certains. Nous terminerons ainsi cette longue suite d'études partielles. Ce serait le moment d'examiner la valeur et le sens de tant d'éléments successivement mis au jour, et de formuler les résultats auxquels leur disposition en série peut promettre d'arriver. Mais ce travail, qui nous tentera peut-être, demande des années de réflexions et d'analyses patientes. Il vaut mieux considérer provisoirement notre œuvre comme une collection de recherches locales réunies en faisceau, ou comme une réunion de documents de valeur inégale destinés à être plus tard passés en revue, afin de s'assurer si, de leurs rapports mutuels, ne jaillira pas quelque enseignement, destiné à éclairer d'un nouveau jour la marche imprimée par la nature aux êtres qu'elle a créés et le mode de développement dont elle s'est servie pour les diversifier

selon les temps, en les adaptant sans cesse à des conditions variables.

II

FLORE DES LITS A POISSONS DE BONNIEUX.

Il existe non loin de Bonnieux (Vaucluse), au quartier Saint-Pierre, des schistes disposés en plaques marneuses ou en feuillets très-minces, quelquefois flexibles et papyracés, qui renferment des empreintes de poissons, d'insectes et de plantes. Cette localité a souvent attiré l'attention des géologues provençaux. La Société géologique, dans sa session extraordinaire de 1842, plusieurs naturalistes, entre autres MM. Requien et Piaget, l'ont explorée à diverses reprises, surtout dans le but d'en extraire des poissons dont les empreintes abondent dans certains feuillets. Il est résulté de ces explorations répétées, auxquelles il convient d'ajouter les nôtres, un certain nombre d'empreintes végétales qui se trouvent déposées, soit au musée d'Avignon, soit à la Faculté des sciences de Marseille qui possède les objets recueillis par M. Piaget, soit enfin entre les mains de quelques personnes d'Apt. Quoique les plantes soient plus rares et plus irrégulièrement distribuées que les poissons dans les couches du quartier Saint-Pierre, cependant plusieurs d'entre elles offrent un véritable intérêt, et cet interêt a été encore accru par la découverte d'une Cycadée que M. Émile Arnaud y recueillit en 1864, et dont nous fîmes alors l'objet d'une notice insérée dans le *Bulletin de la Société géologique de France* (1).

Nous renvoyons à cette notice pour tous les détails purement stratigraphiques, établissant l'âge et la disposition relative des couches du quartier Saint-Pierre; il suffira de préciser ici quelques points essentiels. Ces couches constituent une berge sinueuse et escarpée, bordant la route qui mène d'Apt à Bonnieux et longe le revers septentrional du mont Léberon. La région attenante, y compris la colline sur laquelle est assise la petite ville de Bon-

(1) *Bulletin*, 2e série, t. XXI, p. 314, séance du 6 juin 1864.

nieux, se compose de mollasse marine; mais, à l'aspect du nord et du côté de la vallée au fond de laquelle Apt est située et que parcourt la rivière du Calavon, le terrain d'eau douce, avec ses gypses et ses lignites, apparaît sous la mollasse, laissant à découvert ses tranches ravinées par les érosions, suite inévitable du creusement de la vallée. Ce terrain, qui paraît être sur ce point le prolongement de celui de Gargas dont la butte s'élève vis-à-vis sur la rive opposée du Calavon, ne correspond cependant qu'à la partie supérieure du système lacustre en offrant une liaison ménagée avec la formation marine qui le recouvre. Cette liaison est visible au quartier Saint-Pierre, et lorsqu'on remonte la série des strates, après avoir observé des calcaires marneux mêlés de silex, au milieu desquels est intercalée une assise de lignite impur, on aborde une succession de schistes marneux et de schistes feuilletés, mélangés vers le haut de lits de grès marneux passant enfin peu à peu à une marne sableuse grisâtre, inconsistante, sans fossiles, qui sert de base à la formation marine. Il y a donc une transition graduée entre les deux systèmes, et la flore de cette localité se trouve certainement située bien plus haut dans la série que toutes celles dont il a été question jusqu'ici. Elle devrait même, à cause de cette situation, être reportée plus loin que celle de Manosque, si, d'une part, l'invasion de la mer de mollasse n'avait pu s'opérer d'une manière successive, en avançant de l'ouest à l'est, et d'autre part, si le caractère particulier de cette petite flore ne marquait des liens plus étroits avec la végétation des étages antérieurs qu'avec celle de l'âge miocène proprement dit. Malheureusement les documents sont trop pauvres pour donner lieu à une solution véritable; la question stratigraphique elle-même, c'est-à-dire l'assimilation assise par assise de la formation de Bonnieux avec celle de Manosque, n'a pas été faite avec précision; la continuité même des deux bassins lacustres contigus n'est rien moins que certaine. D'ailleurs, les différences que l'on remarque entre les deux végétations peuvent tenir à des causes purement locales, sans qu'il soit nécessaire de conclure qu'elles n'ont pu être contemporaines. Les formes étroites, maigres, coriaces, à physionomie austra-

lienne que nous avons vu persister si longtemps en Provence, ont pu, avant de s'éteindre, se maintenir pendant longtemps sur certains points de cette région. La présence seule d'une plante d'aspect aussi archaïque que le *Zamites epibius* semble le prouver. Les *Rhizocaulon*, les *Lomatites*, les *Callitris*, diverses Protéacées, constituent une réunion d'indices qui ont la même signification. Sans vouloir tout expliquer, on peut dire que la florule de Bonnieux est curieuse, non-seulement à cause des espèces qu'elle renferme, mais aussi par la physionomie de l'ensemble qui trahirait un âge plus reculé, si l'étude des couches n'enseignait le contraire.

Excité par ce contraste, nous n'avons cessé d'entreprendre de nouvelles recherches pour enrichir la série des espèces de Bonnieux. Il y aurait de l'ingratitude de notre part à ne pas témoigner ici toute notre reconnaissance envers M. Émile Arnaud, qui nous a si libéralement prêté son concours. Ses efforts nous ont mis à même de publier une notice un peu moins imparfaite. Nous avons dû en retrancher cependant quelques espèces que nous avions signalées dans deux mémoires précédents. Le plus important de ces retranchements est relatif à une Algue, que nous avions nommée *Chondrites? capillaceus*. L'original a été depuis égaré; mais nous avons pu nous convaincre par l'étude d'un dessin très-exact, demeuré entre nos mains, que cette empreinte était celle d'un *Rhizomorpha*, qui, en ramifiant son thalle entre les feuillets d'une plaque schisteuse, avait produit l'illusion d'une Algue. Les conséquences qu'on aurait tirées de la présence d'une plante marine dans des couches essentiellement lacustres tombent nécessairement avec l'échantillon qui aurait pu leur donner lieu.

GYMNOSPERMEÆ.

CYCADEÆ.

ZAMITES Brngt., *Tabl. des genres de vég. foss.*, p. 61.

Frondes pinnatæ, foliolis approximatis, integris, basi plus minusve quandoque leviter contractis, lanceolatis aut lineari-

lanceolatis, acutis, nervis simplicibus vel rarius furcatis basi et apice approximatis.

Cette définition exclut du genre *Zamites* les espèces à folioles insérées sur toute leur base et tronquées au sommet, de même que les espèces à folioles auriculées, dilatées ou cordiformes inférieurement. Les premières sont comprises dans le genre *Pterophyllum*, les secondes rentrent parmi les *Otozamites*. Ces trois groupes se distinguent ainsi par des caractères assez fixes pour ne donner lieu à aucune confusion.

ZAMITES EPIBIUS Sap., *Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XXI, p. 322, pl. 5.
(Pl. I, fig. 1-2,)

Z. fronde mediocriter expansa, pinnatim divisa, pinnis coriaceis, approximatim alternis, superioribus erectiusculis, inferioribus patentibus, lanceolato-linearibus, breviter acuminatis, basi subconstricta per totam fere latitudinem rachi validæ adnatis, tenuiter nervosis, nervis circiter 11-12, parallelis, simplicibus, tenuibus vix conspicuis. — Strobilis femineis? late ovoideis, squamosis, squamis densissime spiraliterque imbricatis, apice tetragono-rhomboideis vel breviter appendiculatis.

Très-rare.

La fronde, très-exactement figurée (fig. 1) et remarquable par sa belle conservation, a laissé son empreinte sur une plaque marneuse assez mince composée d'un grand nombre de feuillets adhérents entre eux. Ce sont ces feuillets qui, une fois exposés à l'air, se désagrégent et donnent lieu aux schistes papyracés. Il ne saurait donc y avoir place pour le moindre doute relativement à la provenance de cette espèce. Elle dénote une Cycadée de très-petite taille, puisque l'organe entier ne mesurait guère plus d'un décimètre, ce dont on peut juger par la décroissance rapide des pinnules vers les deux extrémités de l'empreinte qui se trouve mutilée à la base comme au sommet. Elle est très-voisine du *Zamites Feneonis* Brngt., si répandu dans le terrain jurassique supérieur (étage corallien des environs de Lyon); le rachis de

l'espèce tertiaire offre le même aspect et une épaisseur à peu près pareille ; on l'aperçoit d'autant mieux que l'exemplaire se rapporte à la face inférieure d'une fronde. Cependant les pinnules sont moins allongées proportionnellement, plus brièvement acuminées, et les inférieures se replient un peu vers la base, en suivant un mouvement qu'on ne remarque pas chez le *Z. Feneonis* où les pinnules les plus voisines de la base se redressent parfois, ou du moins sont étalées à angle droit. On pourrait aussi comparer l'espèce de Bonnieux au *Zamites formosus* Heer, du Jura suisse ; mais, dans ce dernier, les folioles sont plus larges, plus obtuses et insérées bien plus près les unes des autres, de façon que leurs bases soient contiguës. En résumé, le *Zamites epibius*, malgré son analogie avec ses congénères jurassiques, s'en écarte assez pour en être distingué spécifiquement, surtout quand on songe à l'intervalle énorme de temps qui l'en sépare.

Nous figurons à côté de cette fronde, jusqu'à présent unique, une empreinte singulière (fig. 2), recueillie dans le même dépôt, assez peu distincte à cause de la compression qu'elle a subie, et qu'on ne peut guère apprécier que par le trait fort net de son contour ovoïde et les traces des aires rhomboïdales, dessinées à sa surface, qui paraissent correspondre à des têtes d'écailles élargies au sommet et étroitement imbriquées dans un ordre spiral. Il existe une assez grande similitude de forme et d'aspect entre cet organe et les organes de fructification (cônes femelles) des *Macrozamia;* mais nous n'osons insister sur un rapprochement très-problématique, quoiqu'il n'ait rien d'invraisemblable. Le lecteur pourra en juger en consultant le dessin reproduit par la figure 2, qui rend exactement l'aspect de l'empreinte originale.

CUPRESSINEÆ.

CALLITRIS BRONGNIARTII Endl., Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 56 et 164; II, p. 67 et 183; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 209, pl. 2, fig. 6; t. XIX, p. 10; 5e série, t. III, p. 71, pl. 4. fig. 1 ; t. IV, p. 39, pl. 1, fig. 6.

Très-rare.

Fragments de ramules bien caracterisés.

ABIETINEÆ.

PINUS DEBILIS. (Pl. I, fig. 3.)

P. foliis triquetris, gracilibus, basi in vaginam brevissimam squamulis fere destitutam conniventibus.

Très-rare.

Simple fragment dont il est difficile de préciser les caractères, mais qui dénote un Pin de la section *Tæda*, plus ou moins analogue au *Pinus leiophylla* Schied. à cause de sa gaîne caduque, réduite à de faibles vestiges de squamules.

MONOCOTYLEDONEÆ.

GRAMINEÆ.

PHRAGMITES Heer, *Fl. von Helv.*, I, p. 64.

Rhizoma repens articulatum, nodis remotis hinc inde approximatis, radiciferis; folia plana vel nervi primarii longitudinales firmiores, nervis 2-7 interstitialibus multo tenuioribus.

C'est ainsi que M. Heer définit ce genre auquel il a assimilé des espèces de Suisse dont la nervation reproduit en effet les principaux traits de celle des véritables *Phragmites* (*Arundo phragmites* L., *Phragmites communis* Trin.). Il est cependant bien douteux que les plantes aquatiques tertiaires auxquelles ce nom a été appliqué aient été réellement congénères de nos roseaux. C'est là un de ces rapprochements vagues et provisoires qu'on est bien obligé d'accepter jusqu'à ce que des preuves décisives viennent les appuyer ou les détruire. Les caractères propres aux vraies Graminées, c'est-à-dire la présence d'une gaîne distincte du limbe foliacé et séparée de celui-ci par une ligule, et celle d'une nervure médiane plus ou moins visible, ne se retrouvent pas ici, ou du moins n'ont pas encore été observés. Sous le bénéfice de ces réserves, l'espèce suivante paraît réellement voisine de celle de Suisse, à côté de laquelle il est naturel de la ranger.

PHRAGMITES PROVINCIALIS, Sap., *Ex. anal.* p. 44. (Pl. I, fig. 7-8.)

P. caulibus cylindricis, nodoso-articulatis; foliis basi amplexicaulibus, lato-linearibus, apice breviter acuminatis, nervo medio destitutis, multinerviis, nervis longitudinalibus, regulariter dispositis, interstitialibus 3 rarius 5, nervulis quandoque transversis.

Fréquent.

Nous avons signalé cette espèce, il y a déjà plusieurs années; les exemplaires en sont fréquents à Bonnieux et dans un fort bel état de conservation. Ils font connaître plusieurs parties de la plante : d'abord la tige et la base des feuilles, ainsi que leur mode d'insertion, enfin leur terminaison. La nervation se compose d'un certain nombre de nervures longitudinales plus marquées que les autres, disposées à des intervalles égaux qu'on peut évaluer en moyenne à 4 millimètres. Cet intervalle est occupé par des nervures interstitiales, au nombre de 3 ordinairement, plus rarement de 5; la médiane de ces nervures est toujours plus prononcée que les autres. On distingue sur quelques exemplaires des veines transversales bien visibles (fig. 8 *a'*), qui réunissent entre elles les longitudinales ou même s'étendent directement entre les nervures principales. Cette nervation ne diffère de celle du *Phragmites œningensis* Al. Br. (1) que par un nombre moindre de nervures interstitiales, celles-ci s'élevant jusqu'à 11 dans l'espèce suisse; mais cette différence nous paraît constituer une véritable distinction spécifique, qu'on pourrait encore motiver par cette circonstance que les feuilles des échantillons recueillis en Provence paraissent plus larges, et étaient peut-être moins allongées.

La figure 7 représente une tige avec un nœud bien visible en *a*; sa prolongation inférieure est cachée par un lambeau de feuille couché en travers. Vers le haut, on distingue en *b* un

(1) Heer, *Fl. tert. helv.*, I, p. 64, tab. 22, fig. 5, tab. 24 et 27, fig. 2^b; 29, page 3.

autre nœud auquel adhère encore en partie une feuille située dans sa position naturelle, c'est-à-dire entourant la tige d'une sorte de fourreau. Cependant, il nous semble ne pas retrouver dans ce mode d'insertion la gaîne qui caractérise les Graminées : on dirait plutôt une feuille amplexicaule d'Eriocaulées; il est vrai que ces dernières plantes sont rarement caulescentes. Il vaut mieux avouer ici l'ignorance où nous sommes, touchant la vraie nature de ces Monocotylédones aquatiques, si répandues alors au bord des lacs de l'Europe tertiaire. Leur tige, évidemment compressible, n'avait pas la dureté de celle de nos grands roseaux, encore moins des bambous; elle n'était probablement pas fistuleuse, au moins d'après les échantillons que j'ai sous les yeux. S'il fallait hasarder une conjecture, nous serions disposé à voir dans ces plantes de proches alliées des Rhizocaulées; elles en ont l'aspect extérieur et n'en diffèrent que par la nervation et l'absence de radicules caulinaires. Elles auraient pu faire partie d'un genre distinct se rattachant au même ordre. Sans rien trancher à cet égard, on doit affirmer qu'à Bonnieux le *Phragmites provincialis* était associé aux *Rhizocaulon*, et que ces deux sortes de plantes croissaient sous l'empire des mêmes conditions extérieures.

RHIZOCAULEÆ.

RHIZOCAULON RECENTIUS Sap., *Ex. anal.*, p. 44. (Pl. II, fig. 1-3.)

R. foliis latis, firmis, radicellarum advenarum processu sæpe perforatis, subtilissime multinervosis, nervis longitudinalibus oculo armato ægre tantum perspicuis (circ. 10 in lat. 1 millim.), radicellis cylindricis, probabiliter advenis, in aqua vigentibus, fibrillis multis elongatis filiformibus undique instructis.

Assez fréquent.

Il est toujours difficile de fonder la détermination d'une espèce sur des lambeaux de feuilles et de racines. La difficulté augmente lorsqu'il s'agit d'une Monocotylédone; elle est plus grande encore, lorsqu'on se trouve en présence d'un groupe entièrement éteint et encore imparfaitement connu. Nous n'osons donc

affirmer que la plante que nous désignons sous le nom de *Rhizocaulon recentius* soit réellement distincte du *R. gypsorum*, des gypses d'Aix. Cependant il nous a paru que le premier avait des feuilles plus larges et plus fermes, et que ses radicules caulinaires, du moins la partie de ces organes qui développait des fibrilles au contact de l'eau, était de plus grande taille et garnie de filaments plus longs et plus nombreux.

Quoi qu'il en soit, les exemplaires de Bonnieux, dont nous figurons les principaux, confirment l'existence de la plupart des caractères qui nous ont paru distinguer ces plantes singulières.

Les lambeaux de feuilles (fig. 1 et 2) ne sont pas rares; ils ne présentent que des contours irréguliers, ce qui fait voir que nous avons sous les yeux des fragments lacérés d'anciennes feuilles. Leur texture est ferme et même coriace, leur surface glabre et luisante; les nervures, dont la finesse est extrême, ne sont perceptibles qu'à la loupe et seulement sur quelques exemplaires. On distingue alors l'ordonnance qui caractérise si bien le groupe des Rhizocaulées, c'est-à-dire des nervures longitudinales toutes égales, reliées entre elles par des veinules disposées en travers. La figure 1 *a'*, très-grossie, permet de saisir cette disposition. Ces lambeaux foliacés sont parsemés de cicatrices irrégulièrement disposées; à l'aide de la loupe, on reconnaît que ces cicatrices sont de véritables perforations qu'on ne peut guère attribuer qu'au passage des radicules adventives ou caulinaires, si bien visibles dans les fragments de ces plantes convertis en silice. La radicule ayant fait effort pour traverser le tissu foliacé en a percé les parois, et les lèvres de la déchirure, conformément à ce qui a dû se passer, se relèvent légèrement en saillie sur la face extérieure du limbe, tandis qu'elles sont marquées en creux sur l'autre face. La figure 1 *a*, faiblement grossie, montre l'aspect de deux de ces perforations, presque contiguës.

Outre ces lambeaux de feuilles, on recueille parfois à Bonnieux des fragments de tiges, mais presque toujours dans un état de décomposition plus ou moins avancé. Quant aux empreintes de

radicules, elles ne sont pas rares, et la figure 3 en représente un bel exemple offrant la terminaison inférieure d'un de ces organes encore garni de ses fibrilles capillaires. Il est évident que cette empreinte et d'autres pareilles se rapportent aux portions immergées de ces radicules, leur chevelu ne se développant qu'au contact de l'eau.

TYPHACEÆ.

SPARGANIUM STYGIUM Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 101, tab. 45, fig. 1.

Fragments de feuilles.

DYCOTYLEDONEÆ.

MYRICEÆ.

MYRICA (DRYANDROIDES) BANKSIÆFOLIA Ung., *Foss. Fl. von Sotzka*, p. 30, tab. 6, fig. 3, 4; tab. 7, fig. 2-6; Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 102, tab. 100, fig. 3-10, et tab. 153, fig. 6.

Très-rare.

Un seul fragment bien reconnaissable.

CUPULIFEREÆ.

QUERCUS ELÆNA Ung., *Chl. protog.*, p. 112, tab. 31, fig. 4; Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 47, tab. 74, fig. 11-15, tab. 75, fig. 1; III, p. 178, tab. 151, fig. 1-3; Sap., *Etud. sur la vég. tert.*, I, p. 84, 173, 205; II, p. 85 et 112; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 237; t. XIX, p. 19 et 51, pl. 5, fig. 8; 5e série, t. III, p. 89, pl. 3, fig. 11; t. IV, p. 112. (Pl. II, fig. 5-10.)

Q. foliis oblongo-lanceolatis vel lanceolato-linearibus, basi in petiolum brevem subattenuatis, integerrimis, plerumque margine leviter revolutis, nervis secundariis areolatis.

Fréquent.

La persistance, à travers plusieurs étages successifs, de cette espèce intermédiaire par ses caractères entre les *Quercus virens* Ait., *phellos* L., *cinerea* Mich., *confertifolia* H. et B., et sa

grande diffusion dans toute l'Europe tertiaire nous engagent à en figurer plusieurs feuilles recueillies à Bonnieux, où cette espèce dominait évidemment parmi les essences forestières. Elle y présente les mêmes caractères que dans les étages antérieurs; cependant les feuilles sont ici plus petites, plus maigres, tantôt courtes (fig. 6-7), tantôt très-allongées (fig. 10). Mais si elles varient dans une assez large mesure, on ne saurait méconnaître ni leur identité spécifique, ni leur liaison évidente avec les exemplaires provenant de divers points de Provence, de Suisse et d'Allemagne.

QUERCUS PALÆO-COCCIFERA. (Pl. II, fig. 4.)

Q. foliis petiolatis, parvulis, coriaceis, margine dentato-aculeatis, obovato-cuneatis; nervis secundariis reticulatis, aliis in excisuras pergentibus, aliis, præcipue inferis, inter se conjunctis varieque implexis.

Très-rare.

Nous croyons reconnaître un chêne dans cette petite feuille qui rappelle le *Quercus coccifera* par son mode de dentelure et certains détails de sa nervation. Ce rapprochement nous a paru plus naturel que tout autre. Comparée avec les feuilles des *Ilex* et de certaines Protéacées épineuses, l'espèce que nous décrivons s'en sépare nettement, soit par la forme du pétiole, soit par celle des dents, soit par le dessin du réseau veineux.

SALICINEÆ.

SALIX ARNAUDI. (Pl. I, fig. 4.)

S. foliis basi biglandulosis, in petiolum attenuatis, elongatis, lanceolato-linearibus, sensim acuminatis, margine serrulatis, nervis secundariis sparsis, curvato-ascendentibus, nervulis flexuosis transversim decurrentibus, duobus infimis ceteris validioribus.

Très-rare.

C'est une forme évidemment très-voisine des *Salix alba* et

babylonica et plus encore de celui-ci. Le pétiole est cependant plus long et plus gros, le limbe plus atténué inférieurement et plus lancéolé-lineaire dans le reste de son contour. Les deux glandes bien visibles situées vers le sommet du pétiole se montrent également dans la plupart des feuilles de notre Saule pleureur. Seulement elles sont moins marquées, plus petites et situées le plus souvent à des hauteurs inégales. Ce Saule est le premier, bien nettement caractérisé, que j'aie observé en remontant la série provençale. Il se rattache comme la plupart des Saules tertiaires à la section *Fragiles*. La découverte en est due à M. Émile Arnaud, à qui je l'ai dédiée en souvenir du concours qu'il a bien voulu me prêter.

ULMACEÆ.

PLANERA UNGERI Ett. *Fl. von Wien.*, p. 14, tab. 2, fig. 5-18; Heer, *Fl. tert Helv.*, II, p. 60, t. 80.

Très-rare.

Une seule feuille observée dans la collection de M. Garcin à Apt. Cette espèce, très-polymorphe, reconnaissable toutefois, malgré son polymorphisme, reparaît dans un très-grand nombre de localités de l'âge miocène. Il en sera question plus loin à propos de la flore de Manosque, où sa présence repose sur des indices certains et multipliés.

LAURINEÆ.

CINNAMOMUM LANCEOLATUM var. *aptense*, *Ét. sur la vég. tert.*, p. 174; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XIX, p. 20. — *Cinnamomum detectum* Sap. *Ex. anal.*, p. 47.

Très-rare. — Collection du muséum d'Avignon.

Nous avions d'abord appliqué un nom particulier à cette feuille qui fait partie de la collection Requien; mais elle n'est sans doute qu'une des innombrables variétés du *C. lanceolatum*, dont elle se distingue seulement par des nervures latérales inférieures, très-éloignées de la base, qui se prolonge au-dessous d'elles en dessi-

nant un contour légèrement sinué. Ces nervures devenues ensuite ascendantes se réunissent bien avant le sommet avec les autres nervures secondaires. Cette forme nous paraît identique avec la variété si répandue à Gargas que nous avons précédemment signalée sous le nom de *C. aptense*.

PROTEACEÆ.

LOMATITES AQUENSIS Sap., *Et. sur la vég. tert.*, I, p. 100; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 253, pl. VII, fig. 15.

Assez rare.

Plusieurs fragments assez bien caractérisés attestent la présence de cette espèce curieuse que nous allons retrouver à Manosque.

EMBOTHRITES BOREALIS Ung., *Foss. Fl. von Sotzka*, p. 41, tab. 21, fig. 11 12; *Syll. pl. foss.*, I, p. 20, tab. 7, fig. 31 et 32; *Fos. Fl. von Kumi*, p. 37, tab. 9, fig. 23. (Pl. II, fig. 13-15.)

E. seminum nucleo subrotundo vel fere quadrato, ala oblonga, subemarginata, venulis plurimis curvatulis ad punctum marginale infra apicale conniventibus.

Assez fréquent.

On ne saurait douter de l'identité spécifique des exemplaires de cette semence singulière, trouvés à Bonnieux, avec ceux qui ont été signalés à Sotzka et à Coumi en Grèce par M. Unger. Les gypses d'Aix en ont offert une forme à peine distincte, et nous en trouvons de nouveaux exemplaires dans les lignites de Manosque. On est très-loin cependant, malgré cette diffusion, d'avoir éclairci la véritable nature de ces organes. L'aile délicate et certainement transparente qui surmonte la graine est parcourue par des linéaments nombreux, simples ou diversement ramifiés, qui partent du nucléus pour aller se réunir en un point calleux, situé un peu au-dessous du sommet, au fond d'une échancrure quelquefois à peine sensible. L'aspect de ces graines

et la présence dans les organes correspondants de plusieurs Protéacées, comme les *Embothrium*, *Lomatia*, etc., de raphés diversement repliés, ont ramené naturellement l'esprit des botanistes qui les ont observées vers ce groupe de plantes. Nous avouons que la même impression nous est restée après un long examen. Il faut ajouter qu'en Provence ces semences se rencontrent toujours dans les mêmes dépôts que le *Lomatites aquensis*, et que cette espèce existe également à Coumi où elle vient d'être signalée par M. Unger. Il y aurait donc quelque présomption à admettre qu'elles représentent les semences des *Lomatites;* mais leur structure, entièrement différente de celle des semences de *Lomatia*, dénoterait en même temps, parmi les Protéacées tertiaires, l'existence d'une coupe générique distincte de celles du monde actuel, ce qui, du reste, n'aurait rien que de très-naturel.

HAKEA STENOSPERMA. (Pl. I, fig. 5.)

H. seminum ala obovata, tenuis, membranacea, reticulata, infra in nucleum angustum sensim attenuata.

Très-rare.

Tous les caractères qui distinguent extérieurement les graines des *Hakea*, dans les espèces de ce genre dont les semences sont surmontées d'une aile terminale, se retrouvent ici. Le nucléus est étroit, un peu allongé et pointu à la base ; il s'élargit vers l'autre extrémité en une aile finement membraneuse, comprimée, élargie, et terminée supérieurement par un contour arrondi ; de légers linéaments tracent à la surface un réseau dont les détails échappent à la vue, mais dont la ressemblance avec les réticulations celluleuses des semences d'*Hakea* est frappante. C'est avec l'*Hakea gibbosa* Cav. que cette espèce nous a paru concorder le mieux.

GREVILLEA MINUTULA. (Pl. II, fig. 11-12.)

G. foliis brevissime petiolatis, coriaceis, integris, lineari-lan-

ceolatis, mucronulatis, nervis nervulisque immersis, fere inconspicuis, secundariis oblique reticulatis.

Très-rare.

Petites feuilles étroites, presque linéaires, mucronulées au sommet, distinctement mais très-brièvement pétiolées. Le pétiole est gros relativement, et un peu replié sur lui-même ; le bord est entier, la texture coriace, les nervures de divers ordres à peine perceptibles ; les secondaires suivent une direction oblique. Cette espèce ressemble au *G. phylicoides* R. Br., ainsi qu'au *G. rosmarinifolia* Lamb.

ERICACEÆ.

ANDROMEDA (LEUCOTHOE?) CORIACEA Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 228, et II, p. 110 ; *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XIX, p. 74, 5ᵉ série, t. III, p. 114. (Pl. II, fig. 17.)

A. foliis breviter petiolatis, coriaceis, integerrimis, lanceolatis vel ovato-lanceolatis, obtuse acuminatis, venulis subtiliter reticulatis, vix perspicuis.

Assez fréquente.

Nous figurons ici cette espèce que nous avons précédemment signalée à Saint-Zacharie et à Saint-Jean-de-Garguier ; elle se rapproche de plusieurs *Andromeda* de la section *Leucothoe*, entre autres de l'*A. multiflora* DC. du Brésil.

NYMPHÆACEÆ.

NYMPHÆA CHARPENTIERI Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 30, tab. 106 et 107, fig. 1 ; Sap., *Ex. anal.*, p. 47 ; *Bull. de la Soc. géol.*, 2ᵉ série, t. XXI, p. 321.

N. foliis orbiculatis, cordato-reniformibus, integerrimis, nervis patentim radiantibus, gracilibus, apice dichotome divisis ; pulvinulis ambitu oblongis, nonnihil prominentibus, superne

petiolorum lapsorum insertionibus orbiculatis et infra radicellarum plurimarum lapsarum cicatricibus notatis.

Assez fréquent.

Plusieurs lambeaux, dont un assez considérable existe dans la collection Piaget, font connaître les feuilles de cette espèce, qui étaient de moyenne grandeur, cordiformes-auriculées, et pourvues, outre la médiane, d'une dizaine de nervures rayonnantes, fines, simples, puis dichotomiquement divisées. Les bords sont positivement entiers. Ces caractères concordent avec ceux du *N. Charpentieri*, dont M. Heer a publié de beaux exemplaires dans son grand ouvrage, et nous portent à admettre l'identité probable des deux espèces. L'examen des coussinets, dont nous possédons plusieurs spécimens, est favorable à ce rapprochement. Ces organes ressemblent beaucoup à ceux du *N. polyrrhiza* Sap. (1) ; mais ils sont plus allongés, plus petits, et surtout moins larges que ces derniers. Ces mêmes différences leur donnent de l'analogie avec les fragments de rhizome, en très-mauvais état, il est vrai, que M. Heer a figurés sur la planche 107, fig. 1, de sa Flore.

ACERINEÆ.

ACER DECIPIENS Al. Braun, Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 58, tab. 117, fig. 15-22.

A. foliis trilobatis, lobis integerrimis, subæqualibus, plus minusve attenuatis, obtusiusculis, lateralibus patentim extensis.

Très-rare. — Collection de M. Coquand.

Cette espèce ressemblerait beaucoup à l'*Acer angustilobum* Heer que nous rencontrerons dans la flore de Manosque, si l'absence de dentelures ne la faisait aisément reconnaître. Elle appartient évidemment au groupe de l'*A. monspessulanum*, dont elle se distingue seulement par la forme plus allongée et plus atténuée des lobes de ses feuilles.

(1) Voy. *Étud. sur la végét. tert.*, I, p. 226, *Ann. sc nat.*, 4e série, t. XIV, p. 82, pl. 10, fig. 1.

CELASTRINEÆ.

CELASTRUS REDDITUS Sap., *Ex. anal.*, p. 47. (Pl. II, fig. 16.)

C. foliis elliptico-lanceolatis, coriaceis, petiolatis, dentatis, nervis secundariis flexuosis reticulatis.

Rare. — Collection de M. Garcin, à Apt.

Feuille coriace, elliptique, denticulée sur les bords, à nervures secondaires réticulées-flexueuses, que l'on peut comparer à celles de beaucoup de Célastrinées des genres *Elæodendron*, *Hartogia*, *Celastrus*. Nous citerons en exemple l'*E. reticulatum*, l'*E. excelsum* Eckl. et Zeph., les *C. buxifolius* L., *ilicinus* Burch., *leptopus*, etc.

RHAMNEÆ.

ZIZYPHUS UNGERI Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 74, tab. 122, fig. 25; Sap., *Et. sur la vég. tert.*, I, p. 178 et 244; *Ann. sc. nat.*, t. XIX, p. 24 et 90, pl. 10, fig. 9.

Rare. — Collection du Musée d'Avignon.

Une seule feuille en bon état, provenant de la collection Requien, atteste la présence de cette espèce déjà signalée à Gargas et à Saint-Zacharie. Elle existe à Hœring et à Sotzka en Autriche; en Suisse, elle se montre seulement dans l'étage le plus inférieur de la mollasse.

LEGUMINOSEÆ.

CÆSALPINITES LITIGIOSUS. (Pl. I, fig. 6.)

C. foliis pinnatis, foliolis sessilibus, ovato-ellipticis, basi inæqualibus, apice obtusatis, nervo medio tenui, secundariis subtilibus, oblique reticulatis.

Acacia..... Sap., *Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XXI, p. 321.

Très-rare.

C'est une petite foliole isolée, qui a fait sans doute partie d'une feuille pinnée et se rattache naturellement au groupe des Légumineuses. Mais il paraît impossible, en présence d'un aussi faible débris, de déterminer s'il faut y reconnaître une Cæ-

salpiniée plutôt qu'une Mimosée. On pourrait citer des exemples d'analogie puisés dans l'une et l'autre de ces sections. Il nous a paru que, sous de bien petites dimensions, cette empreinte reproduisait l'aspect des folioles de l'*A. Lebbek* Willd. et du *Cœsalpinia Sappan* L. La dénomination générique de *Cœsalpinites* étant par elle-même très-vague, nous l'avons choisie de préférence pour désigner cette foliole. Parmi les espèces fossiles, on peut en rapprocher soit l'*Acacia Sotzkiana* Ung., soit le *Cœsalpinia Escheri* Ung. (1); elle serait pourtant plus voisine de ce dernier.

III

FLORE DU BASSIN A LIGNITES DE MANOSQUE (BASSES-ALPES). — SCHISTES BITUMINEUX DU BOIS D'ASSAN, DANS LA VALLÉE DU LARGUE. — COUCHES DE LA VALLÉE DE LA MORT-D'IMBERT. — BASTIDE-DES-JOURDANS. — ENVIRONS DE FORCALQUIER.

Nous réunissons dans une même flore plusieurs localités du bassin de Manosque qui font évidemment partie du même horizon stratigraphique. Ces localités n'ont fourni des plantes fossiles que dans une proportion très-inégale. La cause en est due à des circonstances toutes locales dont il est aisé de se rendre compte. En effet, c'est toujours à une faible distance des anciens rivages que l'on a recueilli des empreintes, tantôt semées avec profusion, tantôt réduites à de faibles vestiges; sur certains points, elles consistent en restes de plantes terrestres; sur d'autres, elles comprennent exclusivement des végétaux aquatiques ou amis des lieux marécageux. Quand on s'avance vers les parties centrales, les vestiges diminuent et disparaissent enfin, quoique la zone schisto-marneuse qui les renferme soit aisée à suivre sur toute l'étendue du bassin.

Dans l'introduction à la première partie de ces études (2), nous avons établi, étage par étage, le parallélisme du système à gypse de Manosque et de ceux d'Aix et d'Apt, et marqué la zone des plantes du bassin de Manosque comme immédiatement

(1) Voyez Heer, *Fl. tert. helv.*, III, p. 111, tab. 155, fig. 21.

(2) Voy. *Ét. sur la végét. tert.*, r. 26. *Ann. des sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XVI, p. 334 et suiv.

supérieure à celle des lignites exploités, mais inférieure à la zone des Limnées qui termine tout le système d'eau douce des environs de Manosque, et que recouvre enfin la mollasse marine dont la liaison avec les dépôts lacustres sous-jacents est intéressante à observer sur bien des points. Il ne sera pas inutile, sans rien changer aux conclusions que nous avons admises, de revenir sur ces diverses questions pour faire mieux connaître la formation à laquelle appartient la flore dont nous exposons les éléments, et arriver ainsi à l'analyse des circonstances qui présidèrent à son développement.

Le système d'origine lacustre, comprenant des gypses et des lignites, qui s'étend au nord et à l'ouest de la petite ville de Manosque, est un des plus puissants que l'on rencontre sur le sol de la Provence, si riche pourtant en formations de ce genre. Il entraîne l'existence d'un lac considérable, dont la durée a été fort longue, et dont les eaux, tantôt profondes, tantôt basses et marécageuses, ont donné naissance à des dépôts très-variés. Les limites de ce lac peuvent être tracées d'une manière assez exacte. Le cours actuel de la Durance, de Peyruis à Mirabeau, le massif principal du Léberon, les contreforts du versant méridional de la montagne de Lure, de Simiane-les-Apt à Saint-Étienne-les-Orgues, circonscrivent une aire, irrégulièrement triangulaire, que les eaux tertiaires n'ont franchie nulle part. Nous avons marqué approximativement ces limites sur la petite carte de *la région des lacs tertiaires* qui accompagne la première partie de nos études (2). On voit, en consultant cette carte, que le plus grand diamètre du bassin de Manosque est dirigé du nord-est au sud-ouest, de Peyruis aux environs de Grambois, au pied du revers méridional du mont Léberon, sur une longueur de 40 kilomètres environ. Ce diamètre serait plus considérable, si l'on admettait la continuité des couches du système de Manosque et de celui des environs d'Apt, qui renferment aussi des lignites exploités à Saint-Martin-de-Castillon. C'est en acceptant cette continuité que j'avais tracé les limites présumées de l'ancien lac; mais comme il a fallu, pour arriver

(1) *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XVI, pl. 17.

à ce but, faire abstraction de tous les dépôts postérieurs, entre autres de la mollasse marine qui remplit, de Céreste à Dauphin, toute la partie médiane du bassin, il se trouve que ces terrains nous enlèvent les preuves directes de cette continuité. Dans tous les cas, les deux bassins lacustres ont été non-seulement contemporains, mais tellement contigus que l'intervalle qui les séparait à dû se réduire à 5 ou 6 kilomètres. Cependant les accidents stratigraphiques ne semblent pas distribués tout à fait de même dans les deux bassins, et les associations de Mollusques diffèrent, tandis que, dans les portions déjà explorées de chacun d'eux, on remarque au contraire une grande fixité de caractères qui permet de suivre les mêmes accidents de couches et les mêmes espèces sur un espace horizontal fort étendu. Il vaut donc mieux ne rien conclure à cet égard et nous renfermer dans la partie orientale, où sont d'ailleurs situées toutes les localités qui nous intéressent.

Avant d'entrer dans l'étude des couches elles-mêmes, envisageons d'abord le système dont elles font partie, en le considérant dans son ensemble et sous l'aspect qu'il présente aujourd'hui. Il s'étend en grande partie sur l'arrondissement de Forcalquier et sur le département des Basses-Alpes; mais vers le mont Léberon, surtout au sud de cette chaîne, dans la direction de Pertuis, il se prolonge dans le département contigu de Vaucluse. La petite ville de Forcalquier est elle-même enclavée dans les limites du système, et le Largue, principal cours d'eau de cette région, après avoir pris sa source au pied de la montagne de Lure, en traverse la partie centrale, en y dessinant une courbe anguleuse. De violentes dislocations ont sillonné les dépôts, redressés parfois jusqu'à la verticale, du système lacustre. Les principaux de ces accidents orographiques se rattachent aux chaînes voisines, et surtout au Léberon dont l'ossature est secondaire, mais dont le relief est bien postérieur au dépôt du système lacustre. La prolongation orientale de cette dernière chaîne, jusqu'à la rencontre du Largue, est comprise dans ce système dont les strates composent exclusivement divers chaînons qui suivent, comme la montagne principale, une direction

est-ouest. Cependant, l'ensemble est compliqué de nombreuses vallées et arêtes disposées dans un désordre apparent et dont l'étude serait trop longue; on y remarque en outre un certain nombre de fractures dirigées en sens inverse, c'est-à-dire perpendiculaires à l'axe général anticlinal et découvrant la tranche latérale des couches. La principale de ces lignes de fracture est celle qui constitue la vallée dite *de la Mort-d'Imbert*, qui court de Manosque à Dauphin. Ces mouvements, sans doute moins accentués à l'origine, se manifestèrent pour la première fois immédiatement après le dépôt du système lacustre, dont ils émergèrent une grande partie, de manière à la soustraire à l'invasion des eaux de la mollasse, tandis que la partie centrale et les bords de l'ancien bassin le long du cours de la Durance s'affaissaient pour les recevoir.

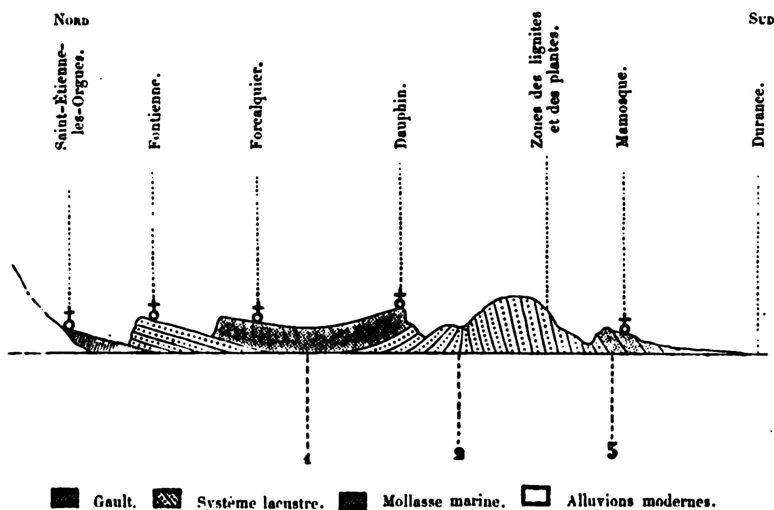
Les mouvements qui affectèrent alors l'ensemble du système lacustre récemment déposé eurent pour résultat immédiat de détruire son horizontalité et de porter au-dessus du niveau des nouvelles eaux des étendues auparavant immergées sous la nappe lacustre, tandis que dans les parties qui se déprimaient les eaux, devenant de plus en plus saumâtres, communiquaient avec une mer véritable et en revêtaient peu à peu le caractère. C'est par une assise puissante de marne, tantôt grisâtre et sableuse, comme auprès de Forcalquier, tantôt argileuse, tantôt bitumineuse ou même renfermant de vrais lignites, comme aux environs de Manosque, que s'opère la liaison entre les deux systèmes, liaison exclusive d'un mouvement assez brusque pour avoir laissé les traces d'une solution de continuité. La dépression principale, située, comme nous l'avons dit, dans la partie centrale du bassin, comprend une large zone qui s'étend de Céreste jusqu'au delà de Forcalquier.

Le Largue, dont le cours est d'abord dirigé du nord au sud, s'est creusé un passage à travers les assises inconsistantes de la mollasse, dont les dépôts constituent un plateau ondulé, raviné par de profondes érosions; mais, arrivé à Lincel, il change brusquement de direction, coule vers l'est et va passer au pied de Dauphin, village assis sur un écueil de mollasse madrépo-

rique. Tout ce qui s'étend au sud de son lit, dans cette direction, appartient au système d'eau douce, au sein duquel la rivière s'engage en pénétrant un peu plus loin vers l'est dans le défilé étroit et sinueux qui l'amène enfin jusqu'à Volx, à travers une fissure pratiquée au milieu des masses secondaires qui dominent ce pays et sur lesquelles nous reviendrons bientôt.

Si, au lieu de descendre le cours du Largue, on remonte cette rivière jusqu'aux limites septentrionales du terrain tertiaire, en vue des contreforts de la montagne de Lure, après avoir traversé le plateau intérieur formé par la mollasse, on voit d'abord au fond des ravins, sous les strates marines, apparaître le terrain d'eau douce, qui se relève successivement et sort enfin de dessous les sédiments qui le recouvrent, se montrant seul et constituant une série d'escarpements qui se redressent dans la direction du nord, et reposent directement sur les marnes du gault.

On voit donc qu'en se renfermant dans la partie du bassin



1, 2, 3. Lignes de dislocation du système lacustre.

lacustre qui nous intéresse particulièrement, la mollasse prend les caractères d'un dépôt superficiel que le système lacustre

supporte et entoure, tandis qu'il est lui-même bordé sur son périmètre oriental et méridional, le long de la rive droite de la Durance, par une bande continue de mollasse marine, qui nous dérobe dans cette direction la configuration des anciens rivages.

Une coupe idéale, dirigée en ligne droite et passant par Manosque, Forcalquier et Fontienne pour aller aboutir au gault, en face de Saint-Étienne-les-Orgues, donne une idée très-nette de cette disposition relative des deux formations.

Lorsqu'en quittant Manosque on s'avance dans la direction du nord, en suivant la vallée de la Mort-d'Imbert, on foule d'abord la mollasse marine qui plonge rapidement au sud, puis on voit surgir de dessous ce premier terrain les lits du groupe lacustre à partir des plus récents, c'est-à-dire de ceux qui opèrent la transition entre les deux systèmes. Les strates d'eau douce, comme on le voit sur la coupe, se succèdent du sommet vers la base de la formation avec une inclinaison de plus en plus forte qui les relève rapidement presque jusqu'à la verticale. Ce sont, en marchant toujours dans le même sens, d'abord la zone des Limnées, puis une longue série de schistes bitumineux, passant quelquefois au lignite impur, alternant avec des lits calcaires, puis des lits feuilletés où l'on observe de nombreux épillets de *Panicum* et des traces de *Potamogeton* et de *Chara*. Au-dessous, vient la zone des plantes comprenant des calcaires marneux plus ou moins durs, plus ou moins bitumineux et schisteux, selon les points où on les observe, et qui surmontent le groupe des lignites exploités, groupe disposé en plusieurs couches séparées par des lits calcaires comprenant çà et là des poissons. En dessous des lignites se développe une puissante série de grès marneux et de marnes versicolores, puis on voit apparaître des lits puissants de calcaire, à la base desquels se trouvent intercalés des gypses, exploités sur divers points, et que nous avons assimilés à ceux de Gargas. Les couches de ces divers groupes, examinées dans la direction marquée sur notre coupe, vers le haut de la vallée de la Mort-d'Imbert, ont subi un soulèvement violent qui les a non-seulement redressées, mais violemment repliées sur

elles-mêmes et entièrement disloquées. En dessous des gypses, par l'effet du soulèvement, la base détritique qui supporte tout le système a été mise au jour. Ce point, marqué 2 sur la coupe, a été le centre de l'action souterraine à laquelle on doit le redressement des couches. A partir de ce point en effet, on voit les couches que nous venons d'énumérer reparaître dans un ordre inverse ; inclinant vers Dauphin dans une direction opposée et disparaissant enfin sous la mollasse. Mais comme ces mêmes couches reparaissent au delà de Forcalquier où elles constituent de vastes escarpements diversement repliés et montrant leurs tranches sur les bords septentrionaux du bassin, il en résulte, en se reportant à l'origine du phénomène, c'est-à-dire à l'époque où le système lacustre était encore horizontal, que le même mouvement oscillatoire qui vint soustraire à l'action de la mer la partie comprise entre le mont Léberon, Manosque et la vallée du Largue, produisit un double affaissement (n°s 1 et 3) au nord et au sud de cet axe de soulèvement. Vers le sud, l'affaissement eut lieu le long du littoral de l'ancien lac et coïncida à peu près avec le cours actuel de la Durance ; en sorte que de ce côté l'inclinaison du sol changea complétement, ce qui était plage auparavant devenant une dépression assez profonde pour admettre la mer, tandis que la partie contiguë du lac devenait terre ferme. Du côté du nord, l'affaissement coïncida non plus avec le bord, mais avec le centre du bassin lacustre, et les couches sur ce point se replièrent en bateau pour recevoir les eaux de la mer, tandis que plus loin encore elles se relevaient pour constituer une plage, sans doute peu escarpée. Tel est l'ensemble de mouvements oscillatoires dont l'étude du bassin de Manosque permet de reconnaître la trace.

Ces mouvements purent très-bien s'accentuer lentement et ne revêtir qu'à la longue le caractère de brusque énergie dont ils affectent maintenant les apparences ; leur réalité n'en ressort pas moins de l'aspect des lieux, c'est-à-dire de la configuration des bassins lacustre et maritime, successivement placés dans le même pays, et dont les limites respectives, loin de coïncider, trahissent l'existence nécessaire d'une série de mouvements qui

ont dû se faire sentir dans l'intervalle de temps qui correspond à la sépartion des deux systèmes.

A l'époque où nous allons nous transporter rien n'altérait encore la stabilité des conditions à la faveur desquelles les eaux douces étaient venues prendre possession de cette grande dépression lacustre, dont la superficie peut être approximativement évaluée à 5 à 600 kilomètres carrés, et correspondre en étendue à la partie élargie du lac de Constance. Au sein de ce lac tertiaire s'étaient produits une série de phénomènes dont le plus étonnant, sans contredit, se rattache à l'épaisseur énorme des dépôts successivement accumulés. Leur redressement permet de les mesurer exactement, et dans la vallée de la Mort-d'Imbert, à partir de la mollasse, jusqu'au fond de l'entonnoir ou cratère de soulèvement qui termine la vallée, l'ensemble des strates mesure une puissance qui n'est pas moindre de 1200 mètres et s'élève probablement à 1400. A la base du bassin la sédimentation accuse des apports limoneux et détritiques ; les argiles, les pouddingues, les marnes polygéniques et versicolores se succèdent et alternent avec des lits promptement interrompus de calcaire et de calcaire marneux. Après cette première période a eu lieu la production des gypses qui ne constituent que des accidents disséminés surtout dans le voisinage des failles et des dislocations. Dans l'intervalle qui sépare l'un de l'autre les divers nids de gypse, la sédimentation conserve un caractère de parfaite régularité ; au-dessus s'étagent des lits nombreux de calcaires auxquels succèdent des grès marneux et des marnes versicolores entremêlés. Il semble qu'à ce moment quelque cause ait amené dans le lac des eaux troubles, chargées d'argile, de limon et de sable, sous l'action de nombreux courants. Cette action a dû se prolonger longtemps ; peut-être même a-t-elle contribué, par l'immense quantité des sédiments accumulés à cette époque, à produire l'état qui succéda et auquel sont dus les lignites qui, par leur abondance, sinon par leur qualité, font des environs de Manosque un des bassins charbonneux les plus intéressants de Provence.

Il n'est pas douteux qu'à ce moment le lac tertiaire n'ait été

converti en tourbières sur beaucoup de points où l'eau était devenue assez peu profonde pour être envahie par la végétation. Ces points, qui correspondent aux exploitations de lignites, sont distribués dans un certain périmètre à une assez faible distance des anciens rivages. En explorant les lits plus ou moins bitumineux qui séparent et surmontent le combustible proprement dit, on rencontre des débris végétaux assez peu décomposés pour nous faire connaître à quelles sortes de plantes il faut attribuer la production du phénomène. Or la plupart des résidus se rapportent, soit à des Cypéracées et à des Typhacées, soit à des *Nymphæa*, dont les rhizomes accumulés remplissent entièrement certaines couches. Il est donc probable que les associations de plantes qui ont produit les lignites comprenaient principalement des Monocotylédones aquatiques, et que toutes les fois que la hauteur des eaux était suffisante il s'y joignait des Nymphéacées. Les plantes que nous allons décrire sont un peu postérieures aux lignites exploités, quoique rien n'autorise à croire que la végétation ait éprouvé dans l'intervalle quelque changement appréciable. Il faut conclure seulement que les eaux tertiaires, après avoir alimenté de vastes tourbières, tendirent ensuite à reprendre plus de profondeur. Ce nouvel état de choses n'eut lieu qu'à travers bien des retours partiels du précédent et d'innombrables vicissitudes. L'étude des diverses localités démontre en effet qu'il n'y eut rien là d'uniforme, et une description générale serait loin de suffire ; nous allons pour plus de clarté reproduire le plus fidèlement possible les caractères qui distinguent chacune d'elles.

Les espèces recueillies dans la vallée de la *Mort-d'Imbert* sont peu nombreuses, et se trouvent disséminées à travers bien des lits. Un Érable, un *Engelhardtia*, quelques traces de Chênes, de Laurinées et de Protéacées, sont les seules plantes terrestres ; il est donc probable que sur ce point les strates étaient déjà bien éloignées du rivage, ou que le rivage consistait en une plage marécageuse. Ce qui le ferait supposer, c'est l'abondance relative des plantes aquatiques, comprenant de belles empreintes de *Nymphæa* associées à des feuilles de Cypéracées et de *Typha*. On

observe dans d'autres lits des tiges brisées de *Chara*, des feuilles de *Potamogeton*, et enfin d'innombrables épillets de *Panicum*. Cet ensemble dénote une station marécageuse, peuplée de plantes aquatiques croissant sur place et ensevelies dans les lits vaseux successivement déposés. Il faut remarquer que deux des espèces terrestres, l'*Acer recognitum* et l'*Engelhardtia serotina*, ne se sont pas retrouvées dans le dépôt de la vallée du Largue.

Celui-ci présente un caractère bien différent. Lorsqu'on suit la route qui mène de Dauphin à Volx, en côtoyant le Largue, on s'engage dans une vallée, d'abord assez ouverte, qui s'infléchit peu à peu, s'incline vers le sud-est, et devient de plus en plus sinueuse. Après avoir quitté la mollasse, on voit successivement paraître la zone des Limnées, puis, en redescendant toujours la série, des schistes calcaires très-puissants, dans lesquels on retrouve les épillets du *Panicum pedicellatum*. Vers la partie inférieure de ces schistes, presque au contact du groupe des lignites, activement exploités dans le quartier qui porte le nom de *Bois-d'Asson*, le long d'une berge rapide, on rencontre, sur une étendue verticale de 30 mètres environ, une grande abondance d'empreintes végétales, dont la conservation est parfaite. Les plaques qui les renferment, assez épaisses, mais susceptibles de se diviser en feuillets, sont plus ou moins bitumineuses, presque entièrement calcaires, d'un grain fort dur et d'une pâte très-fine. Les échantillons de plantes sont innombrables, et le dépôt, loin d'avoir été épuisé, n'a jamais été exploré jusqu'ici que d'une manière superficielle. Cependant certaines espèces dominantes se répètent avec une vraie monotonie, et, après un certain nombre de fouilles partielles, la découverte d'espèces nouvelles semble devenir de plus en plus rare. La liste des espèces recueillies jusqu'à présent s'élève à plus de quatre-vingts; elles peuvent donner lieu aux remarques suivantes :

Les Monocotylédones sont rares et ne se distinguent par rien de bien saillant, sinon par l'absence complète jusqu'ici de Palmiers, de *Dracæna* et de *Smilax*.

Les Laurinées au contraire dominent par le nombre de leurs

espèces, aussi bien que par l'abondance des individus. Ensuite viennent, dans l'ordre de la fréquence, les empreintes de *Glyptostrobus*, de *Diospyros* et de *Myrica*, qui reparaissent sur beaucoup de plaques. L'*Alnus sporadum*, le *Carpinus grandis*, le *Sequoia Tournalii*, divers Érables et *Andromeda* sont déjà moins répandus. Les Bouleaux, les Chênes, les Hêtres, les Figuiers, les Ormeaux et les Peupliers, les Frênes et les Noyers sont encore plus rares ; les Fougères le sont aussi ; les Légumineuses, les Rhamnées, Anacardiacées et Cornées se présentent toujours en échantillons isolés. Il n'existe d'autres traces de Pins que des semences ; enfin on constate aisément que les organes, autres que des feuilles, dont on recueille des empreintes, sont toujours des fruits membraneux, comprimés, samariformes, ou des graines ailées, et que les organes épais et coriaces, comme les cônes, sauf ceux des *Glyptostrobus* et du *Sequoia*, qui sont eux-mêmes fort rares, se trouvent entièrement exclus de ces couches, tandis qu'ils se rencontrent fréquemment dans d'autres localités tertiaires, entre autres celle d'Armissan.

Il est évident que, parmi les essences qui composaient cette ancienne végétation, les unes étaient plus rapprochées que d'autres de l'endroit où l'on retrouve leurs empreintes. Les premières ont pu parsemer les couches de leurs dépouilles, particulièrement de leurs feuilles : ce sont les Myricées, les Laurinées, les *Diospyros*, et, parmi les Conifères, le *Glyptostrobus europæus*. D'autres, placées plus loin, n'y ont été représentées que rarement et accidentellement, soit par leurs feuilles, soit par leurs fruits ou par leurs graines ailées qui, dans certains cas, franchissaient la distance plus facilement que les feuilles.

Cette circonstance donne la clef de la question qu'il nous reste à résoudre, celle de savoir comment toutes ces plantes sont venues s'ensevelir au fond des sédiments, et quelle était leur distribution relative dans la contrée tertiaire.

Pour s'en rendre compte, il faut continuer à descendre le cours du Largue ; on voit alors les couches de la formation se succéder dans l'ordre accoutumé, sans que les plus inférieures

soient jamais visibles cependant. Enfin, au bout de 2 kilomètres environ, on aperçoit des indices de l'approche d'un littoral, et l'on voit se dresser de puissantes masses secondaires, que le Largue est obligé de franchir pour pénétrer dans la vallée de la Durance; c'est le rocher de Volx, dont l'élévation absolue doit être de 300 mètres au moins, et dont le revers septentrional est tourné vers les dépôts tertiaires qu'il dominait déjà à l'époque où se déposaient les schistes bitumineux du Bois-d'Asson. Il constituait évidemment alors le sol où croissaient les plantes dont nous retrouvons les empreintes, sol tourné vers le nord et disposé en une pente plus ou moins rapide. C'est là pour nous une donnée considérable, en parfait rapport avec ce que nous apprennent les observations tirées des plantes fossiles elles-mêmes. Nous pouvons, en effet, distinguer plusieurs zones de végétaux dans l'ancienne localité, et chacune d'elles doit être représentée avec des diversités circonstantielles qui se retrouvent dans le mode de distribution des empreintes.

D'abord, cette végétation, considérée dans son ensemble, présente un caractère général de fraîcheur, bien en rapport avec l'exposition présumée de l'ancienne région. Les essences analogues à celles des pays chauds y sont assez rares, tandis que celles à feuilles caduques y occupent une place jusqu'alors exceptionnelle. En effet, on peut compter au moins vingt espèces de cette seconde catégorie, c'est-à-dire un quart du nombre total et un tiers de celui des Dicotylédones, tandis qu'à Armissan il n'en existe au plus qu'une vingtaine sur cent vingt Dicotylédones décrites, ce qui réduit la proportion à un sixième seulement.

Une portion des espèces à feuilles caduques, entre autres l'*Alnus sporadum* et le *Carpinus grandis* habitaient dans le voisinage des anciennes eaux; l'abondance relative de leurs feuilles le prouve; d'autres étaient à une plus grande distance, comme le *Fagus pristina* dont les feuilles sont clair-semées, le *Betula elliptica*, dont les samares se rencontrent plus souvent que les feuilles, probablement aussi les deux *Populus* (*P. palæomelas*, *P. oxyphylla*) et les Ormeaux. Les Érables, dont les samares sont plus

fréquentes que les feuilles, doivent être rangés dans le même groupe avec les Frênes et les Noyers, tandis que les Pins, dont il n'existe qu'un petit nombre de semences, occupaient sans doute une station encore plus reculée vers les sommets de l'escarpement.

La fraîcheur et la grâce, quelque chose d'ombreux et de luxuriant paraît être le vrai caractère de cette végétation. On voit, par la revue que nous venons d'en faire, que la plupart des débris ont dû venir d'assez loin peupler les couches en voie de formation. Aucun courant, aucune action violente, n'a contribué à les y entraîner. Les lits schisteux présentent une complète uniformité d'aspect et de structure. Un faible apport limoneux, joint à une abondante précipitation chimique, a tout fait. Ce sont des feuilles seulement, bien plus rarement des tiges, qui ont gagné le fond des eaux après avoir flotté à la surface. Aucun des divers organes n'est lourd, épais ou coriace ; tous les fruits sont membraneux ou samariformes, et les graines elles-mêmes sont ailées. En pesant toutes ces considérations, on est amené à reconnaître que le vent a été presque le seul agent propulseur des anciens débris, sauf peut-être en ce qui tient aux espèces qui croissaient dans le périmètre immédiat des eaux. Pour toutes les autres, les organes seuls, susceptibles d'être emportés par le vent, sont arrivés au point sur lequel on les recueille. Les parties dures, charnues ou coriaces des espèces les plus répandues (à de minimes exceptions près), comme les fruits des Lauriers, *Diospyros*, *Myrica*, n'ont point laissé de traces. Trop lourds pour pouvoir être soulevés, ces divers organes sont restés sur le sol ; les feuilles seules, en quantité innombrable, ont pu être transportées au loin. Pour ce qui est des arbres situés sur des points reculés, on conçoit que leurs feuilles ont eu bien plus rarement des chances d'arriver jusque dans le lac. Les plus légères, comme celles des Hêtres et des Frênes, les plus répandues, comme celles des Érables, des Charmes, ont pu parfois se répandre à la surface des eaux lacustres, sous l'impulsion du vent ; mais on conçoit que les fruits et les semences ailés, même les plus éloignés, ont dû suivre le même chemin plus aisément que

les feuilles. C'est ainsi que les Pins, qui, sans doute, couronnaient les hauteurs, ne nous sont connus que par leurs semences. Cependant, sur un autre point du bassin de Manosque, plus rapproché de la vallée de la Mort-d'Imbert, on a recueilli sur une grande plaque les empreintes réunies de sept à huit cônes de Pin très-reconnaissables, mais réduits à leur axe, et dans l'état où les Écureuils laissent ces fruits, après en avoir rongé la partie extérieure. Ces cônes appartiennent sans doute à l'une des espèces que nous signalons; ils ont dû longtemps flotter avant de prendre place au fond des sédiments et d'y laisser leur empreinte.

Les trois-huitièmes des espèces du Bois-d'Asson se retrouvent dans le miocène inférieur de la Suisse, de l'Allemagne ou de la Grèce (Coumi), proportion qui marque une liaison intime avec la végétation européenne contemporaine, tandis que la présence du *Lomatites aquensis* est à peu près le seul lien direct de la flore de Manosque avec celle des gypses d'Aix. Les rapports sont un peu plus marqués avec Saint-Jean-de-Garguier, et les autres localités tongriennes du bassin de Marseille; les espèces communes sont les suivantes : *Quercus elæna* Ung., *Laurus primigenia* Ung., *Cinnamomum lanceolatum* Heer, *Diospyros varians* Sap., *Myrsine celastroides* Ett., *Anæctomeria Brongniartii* Sap.; ce n'est encore qu'un total de cinq à six espèces au plus; tandis que si l'on se reporte vers Armissan, on constate la présence de quinze espèces communes, dont plusieurs doivent être rangées parmi les plus importantes. Cependant la liaison avec les localités miocènes de la mollasse suisse et de l'Allemagne est encore plus étroite. Ainsi la végétation tertiaire était soumise à une évolution qui tendait à la renouveler sans cesse; et lorsque l'on compare la flore d'un dépôt à celles qui l'ont précédée dans le même pays et aux flores contemporaines, situées hors de ce pays, les affinités à travers l'espace sont toujours plus intimes que les liens locaux créés par la persistance de certaines formes particulières à une région déterminée. Il est certain que peu de flores fossiles sont aussi bien connues que celle des gypses d'Aix, dont les espèces déterminées s'élèvent maintenant à envi-

ron deux cents; et cependant, dans l'espace qui 'étend du tongrien inférieur au miocène proprement dit, la végétation de la Provence avait subi de tels changements, que les espèces communes entre les deux époques se réduisent à trois ou quatre; malgré tout, si faible qu'il soit, le lien, qui réunissait le passé au présent, subsistait encore, puisque l'espèce la plus caractéristique des gypses d'Aix, le *Lomatites aquensis*, persistait au milieu de l'ensemble de la végétation, presque entièrement renouvelée, qui se pressait au bord du lac de Manosque.

Après cette digression, il ne nous reste que peu de choses à dire sur les autres localités qui nous ont procuré des empreintes végétales.

Une fort belle espèce de Chêne a été recueillie dans des plaques calcaires près de la Bastide-des-Jourdans. Ce point, très-imparfaitement exploré, fournirait sans doute d'autres empreintes de plantes; le lit qui les renferme appartient au même horizon que ceux de Manosque.

Quand on arrive à l'autre extrémité du bassin lacustre, en dépassant Forcalquier, dans la direction de Fontienne (voyez la coupe), on retrouve, comme à Manosque, des lignites exploités, et au-dessus de ces lignites une longue série de schistes bitumineux en plaques et en feuillets, qui fournissent des pierres plates utilisées pour couvrir les toitures du pays. En s'avançant un peu au delà de Fontienne, vers le bord septentrional du système, on retrouve des empreintes végétales dans les feuillets de ces schistes; elles sont fort belles, mais très-rares. C'est là que nous avons recueilli, entre autres espèces, l'*Equisetum lacustre* Sap., le *Callitris Brongniartii*, des graines de Protéacées? Enfin un très-beau fruit d'*Acacia* (*A. Sotzkiana* Ung.). Les traces de *Panicum* reparaissent aussi dans cette direction, occupant toujours le même niveau. Tous ces faits paraissent donc parfaitement concordants; ils se coordonnent sans peine, et démontrent l'existence d'une période de sédimentation un peu postérieure au dépôt des lignites, et favorable à la conservation des empreintes végétales. L'étude de ces empreintes démontre aussi que, vers le miocène, une végétation, sensiblement uniforme,

s'étendait sur bien des points de l'Europe. Cette végétation était riche, variée, et chez elle les genres de notre zone tempérée actuelle se mêlaient aux formes luxuriantes des régions subtropicales. Les Laurinées dominaient particulièrement dans les forêts de cet âge, qui avaient pris une grande extension sous l'influence d'un climat tiède, humide, et sans extrême de chaleur et de froid. Cependant, au milieu de cette nature, dont les îles Canaries et les vallées sous-himalayennes, le Japon et la Louisiane nous présentent un tableau très-analogue, un certain nombre de types appartenant aux flores antérieures de l'éocène et du tongrien persistaient encore, et jouaient le rôle que les types miocènes ont eux-mêmes joué au milieu des ensembles subséquents, lorsque le moment du déclin est arrivé pour eux.

CRYPTOGAMÆ.

FUNGI.

SPHÆRIA Hall.

SPHÆRIA KUNKLERI Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 15, tab. 1, fig. 6.

S. peritheciis minutissimis, orbicularibus, planiusculis, aggregatis, nigris, disco impressis.

Schistes du bois d'Asson.

M. Heer a reconnu l'existence de cette espèce sur des échantillons de feuilles monocotylédones que nous lui avions communiqués. Nous l'avons observée depuis assez fréquemment sur des empreintes de *Typha*.

SCLEROTIUM Tode.

SCLEROTIUM CINNAMOMI Heer, *Lignite of Bovey-Tracey*, pl. 16, fig. 17 et 19.
(Pl. VIII, fig. 1 *a*.)

S. peritheciis orbiculatis, duris, convexiusculis, margine elevatis, medio punctiformi depressiusculis in foliis *Cinnamomi polymorphæ* insidentibus.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Les feuilles, encore attachées au rameau, d'un bel exemplaire de *Cinnamomum polymorphum* sont irrégulièrement parsemées de taches, en forme de disques subarrondis, convexes, légèrement déprimés au centre qui semble marqué par un point d'où partent en rayonnant de légers linéaments le plus souvent peu visibles. Il s'agit évidemment ici d'une altération morbide développée à la face supérieure du limbe foliacé et due probablement à la présence d'un champignon parasite de la classe des Hypoxylées. M. Heer a signalé la même altération dans son ouvrage sur les plantes fossiles de Bovey-Tracey en Devonshire, et l'a observée sur les feuilles du *Cinnamomum Rossmassleri*, par conséquent sur une plante congénère de celle de Manosque.

CHARACEÆ.

CHARA Ag.

CHARA DESTRUCTA Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 163; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XIX, p. 9.

Vallée de la Mort-d'Imbert.

Fragments de tiges brisées remplissant un lit particulier.

JUNGERMANNIACEÆ.

JUNGERMANNITES Goepp., Berstein, p. 113.

JUNGERMANNITES (PLAGIOCHILA?) PULCHER. (Pl. III, fig. 1.)

J. surculis tenellis, vage pinnatim ramosis, foliis distiche dispositis, subrotundatis, subimbricatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

La tigelle est filiforme, rampante, pourvue çà et là de ramifications latérales; les feuilles sont petites, scarieuses, arrondies, distiques, légèrement imbriquées sur les bords. La figure grossie 1 *a*, dessinée par M. Schimper, permet de saisir les détails de la foliation de cette jolie espèce. Son aspect, la forme et la disposition des feuilles, dénotent une Jungermanniée très-

analogue au *Plagiochila asplenioides* Nées, qui tapisse nos berges humides. Cependant cette attribution, si probable qu'elle paraisse, n'est pas la seule à proposer, en l'absence des organes de fructification. Il existe des mousses dont l'aspect extérieur offre avec celui de notre plante beaucoup d'analogie. Nous devons citer en première ligne le *Leskia trichomanoides* Brid., qui s'attache au tronc des arbres, et une élégante espèce des Canaries, le *Hookeria Webbiana* Mont., figurée dans le grand ouvrage de MM. Webb et Berthelot (1). Celle-ci forme des touffes rampantes sur les troncs dans la forêt canarienne d'Agua-Garcia. Le genre *Hookeria* est aujourd'hui en grande partie intertropical.

FILICES.

LASTRÆA Bory, Al. Braun, Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 30.

Ce genre tel que M. Heer l'a défini dans la Flore tertiaire de la Suisse comprend un assez grand nombre de Fougères dont la classification systématique est loin d'être déterminée avec précision, puisque la disposition des sores est encore très-imparfaitement connue. Les genres *Phegopteris* et *Aspidium* Meyer, ainsi que le groupe des Cyathées présentent des formes analogues, quoique réparties dans des tribus différentes, et malgré l'affinité apparente résultant du mode de découpure et de nervation.

Lastræa styriaca Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 31, tab. 7 et 8. — *Polypodites styriacus* Ung., *Chl. protog.*, p. 121, tab. 36.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

MM. Unger et Heer ont figuré de beaux exemplaires de cette Fougère, très-répandue dans le miocène inférieur de la Suisse et de l'Allemagne. Nous n'en avons rencontré à Manosque que de très-petits fragments, qui suffisent pourtant pour en attester la présence dans les schistes de la vallée du Largue.

(1) *Phyt. canariensis*, pars ult., p. 12, tab. 1, fig. 1

PECOPTERIS Brongt.

PECOPTERIS LIGNITUM Gieb., Heer, *On the lignit. form. of Bovey-Tracey*, p. 29, tab. 4, fig. 4-6, tab. 5, fig. 6-11 et tab. 6, fig. 1-7; Unger, *Ueber einen in der Tert. sehr verbr. Farren*, in *Sitz. d. Kais. Akad. der Wissensch. von Wien*, XLIX Bd. (Pl. III. fig. 4-5.)

P. frondibus pinnatim compositis; pinnis articulatis, breviter petiolatis, coriaceis, linearibus, longe sensimque acuminatis, inciso-serratis vel pinnatipartitis, incisuris vel pinnulis margine integris, penninerviis; nervo medio cujusque pinnulæ sensim attenuato, apice furcato, venis lateralibus obliquis, subopppositis, superioribus cujusque lateris simplicibus, inferioribus plerumque furcatis, infimis utrinque ad sinum laciniarum excurrentibus furcatis.

Pecopteris lignitum, *P. crassinervis*, *P. leucopetræ* et *P. angusta* Gieb. *Palæontogr. Untersuchungen* in *Zeitschr. für die gesamm. Naturwissensch.*, 1857, p. 305, tab. 2, fig. 2. *Aspidium lignitum* Heer. *Beitr. zur Kennt. der Sächs. Thur. Braunk.*, p. 424, tab. 9, fig. 2 et 3; *Aspidium Meyeri* Ludwig (non Heer), *Palæontogr.*, VIII, 2, p. 63, tab. 12, fig. 3.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Les pinnules détachées de cette remarquable Fougère, une des plus répandues de l'âge miocène, ne sont pas rares aux environs de Manosque. Leur aspect exotique, leur texture coriace, leur dimension considérable, la netteté du pétiole qui les termine inférieurement, indiquent qu'elles se rapportent à une espèce aux frondes puissantes à segments articulés sur le rachis commun, et peut-être plusieurs fois pinnées. Malgré la fréquence et souvent la beauté des échantillons recueillis, l'attribution générique est demeurée jusqu'ici incertaine, à cause de l'absence de sores. La nervation elle-même est souvent peu distincte, elle n'a d'ailleurs aucune saillie. Cependant un petit fragment recueilli à Manosque, reproduit par la figure 5, grossie en *a*, permet d'en saisir tous les détails. On voit que chaque lobe ou

pinnule est parcouru de la base au sommet par une nervûre médiane, naissant sous un angle de 45 degrés de la côte moyenne des segments; cette nervure s'amincit peu à peu et se termine généralement par une bifurcation. L'une des branches de cette bifurcation est quelquefois plus prononcée que l'autre et peut être alors regardée comme la continuation directe de la médiane, l'autre branche prenant plutôt l'apparence d'une veine latérale. Les veines ou nervures secondaires sont au nombre de 3 à 4 de chaque côté; cependant ces veines sont toujours moins nombreuses et plus obliquement dirigées sur le côté supérieur que sur le côté inférieur des lobes. Cette différence contribue beaucoup à donner une physionomie particulière à l'espèce; elle est un résultat de l'obliquité des lobes dont le contour extérieur est anguleux-obtus, l'un des côtés de l'angle, l'inférieur, étant plus développé que l'autre. Le bord est ordinairement entier; mais il se montre quelquefois sinué ou même légèrement lobulé. Une des particularités de cette nervation consiste en ce que les veines latérales sont disposées par paires, mais qu'au-dessous de la dernière paire il naît encore directement de la côte médiane une veine latérale, toujours bifurquée, dont une des branches va se rendre à l'angle interne des incisures de concert avec la veine qui lui est opposée et qui est tantôt simple, tantôt bifurquée. En général, les veines du côté inférieur des pinnules sont bifurquées, tandis que celles du côté opposé sont beaucoup plus souvent simples, à l'exception de la plus inférieure, qui l'est elle-même quelquefois. Les veinules qui se rendent de chaque côté à l'angle des incisures ne s'y anastomosent pas; elles demeurent distinctes, au moins dans l'immense majorité des cas.

Beaucoup de Fougères actuelles présentent une nervation analogue à celle que nous venons de décrire, circonstance qui explique pourquoi cette espèce a été successivement promenée dans des groupes très-différents.

M. Heer en avait fait d'abord un *Aspidium;* plus tard, dans sa flore de Bovey, il a penché vers le genre *Hemitelia* et figuré en même temps des rhizomes obliques, recouverts par les restes

des pétioles, recueillis à côté des segments détachés et des pétioles isolés, dans les lignites de Bovey. Ce savant a identifié ces rhizomes et ces pétioles avec des organes semblables provenant des lignites du Rhin inférieur, que M. Ludwig a figurés dans sa flore de Salzhausen, en les accompagnant de quelques lambeaux de pinnules attribués par lui à l'*Aspidium Meyeri*, mais qu'on a reconnus appartenir au *Pecopteris lignitum*. M. Unger, dans une notice postérieure, insérée dans le *Bulletin de l'Académie des sciences* de Vienne, a résumé toutes ces incertitudes; et regardant les rhizomes recueillis à Salzhausen comme étant réellement ceux du *Pecopteris lignitum*, quoique le fait soit bien loin d'être prouvé, il donne l'analyse de leur structure intérieure. Il décrit la disposition des faisceaux vasculaires qui sont rangés circulairement à l'intérieur, et conclut de cet examen que, si l'on s'attache aux rhizomes, la Fougère en question s'éloigne à la fois des *Hemitelia* et des Cyathées, qu'elle se rapproche un peu plus des Acrostichées, plus encore des *Osmunda*, et qu'en définitive elle constitue probablement un genre voisin de celui-ci. Il paraît cependant difficile d'admettre cette conclusion à cause de l'absence complète d'analogie entre les frondes fossiles et celles des *Osmunda* actuels, et aussi parce que rien ne prouve que les rhizomes découverts à Salzhausen soient réellement ceux du *Pecopteris lignitum* Gieb. Il existe un peu plus de rapport entre cette espèce fossile et le genre *Polybotrya;* mais cette ressemblance est encore trop éloignée pour justifier une assimilation. Quoique l'on soit toujours réduit à des conjectures à l'égard d'une détermination générique qui n'est pas appuyée sur la connaissance des sores, il en est cependant de plus vraisemblables. La plus naturelle nous paraît encore celle que mentionne M. Unger dans sa notice et qui rapprocherait le *Pecopteris lignitum* du genre *Plenazium* et surtout du *Plenazium bromeliæfolium* Presl., espèce des Philippines qui reproduit trait pour trait la forme et la nervation de l'espèce tertiaire.

PTERIS Sw.

PTERIS PENNÆFORMIS Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 38, tab. 12, fig. 1.

P. pinnis valde elongatis, lanceolato-linearibus, apice serrulatis cæterum integerrimis, nervis secundariis creberrimis, simplicibus vel furcatis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Fragments de pinnules conformes aux exemplaires que M. Heer a figurés dans sa *Flore*. Cette espèce reproduit le type du *P. cretica*, indigène dans l'Europe méridionale.

PTERIS UROPHYLLA Ung., *Iconogr. fl. foss.*, tab. 4, fig. 13; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 154, t. 144, fig. 4-8.

P. foliis coriaceis, bipinnatipartitis, lobis linearibus, distantibus, apice acuminatis vel obtusiusculis, integerrimis, nervulis secundariis simplicibus vel furcatis.

Schistes du bois d'Asson.

Un seul fragment bien reconnaissable. Le type des *Pteris* de la section *Allosorus* de Presl se montre dans cette espèce, qui se rapproche à la fois des *Pteris aquilina* et *caudata* et rappelle aussi le *P. caudigera* des gypses d'Aix. On doit probablement réunir à la même espèce le *Pteris lomariæformis*, que nous avons signalé dans cette dernière localité.

LYGODIUM Sw.

LYGODIUM GAUDINI Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 41, t. 13, fig. 5-15.

L. frondibus lobato-partitis, lobis lanceolato-linearibus, elongatis, valde divergentibus, nervis secundariis obliquis flexuosis, tenuibus, plerumque bifurcatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

M. Heer a figuré le premier cette jolie espèce dont la découverte, dans les marnes lignitifères de la Rochette (canton de Vaud), est due à MM. Gaudin et de La Harpe. Son analogie avec le *Lygodium circinnatum* Sw., originaire des îles de la Sonde

et des Philippines, est réellement surprenante. Une empreinte isolée, mais fort belle, que nous avons recueillie, atteste sa présence dans la végétation du bassin de Manosque. Cette empreinte consiste en deux lobes très-divergents, allongés, lancéolés-linéaires, le latéral s'écartant sous un angle droit de celui dont il se détache; on aperçoit à côté de celui-ci le commencement d'un lobe qui lui était contigu et qui donnait lieu sans doute à un lobe latéral correspondant à celui du côté opposé. L'empreinte du bois d'Asson rentre donc dans la section α, *foliis quadripartitis digitatis*, de l'espèce de M. Heer; elle se rapporte à la variété γ *macrophyllum* du même auteur, et se range à côté des figures 6, 7, 8 de la Flore tertiaire de la Suisse.

SALVINIACEÆ.

SALVINIA L.

SALVINIA FORMOSA Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 156, tab. 145, fig. 13-18.

S. foliis pollicaribus, ovalibus, obtusis, reticulatis scrobiculatisque, areolis seriatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Petit fragment de l'un des côtés d'une feuille.

EQUISETACEÆ.

EQUISETUM L.

EQUISETUM LACUSTRE Sap., *Et. sur la vég. tert.*, I, p. 185; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XIX, p. 31, pl. 3, fig. 1. (Pl. III, fig. 6.)

E. caulibus elatis, robustis, levissime striatis, articulis vaginatis, vaginis adpressis, mediocriter productis, laciniis obtusis.

Fontienne, près de Forcalquier. — Très-rare.

Cette remarquable espèce a été recueillie dans les schistes bitumineux de Fontienne qui correspondent à ceux de la vallée du Largue. L'empreinte se rapporte à la partie inférieure d'une tige. On y distingue quatre articles, dont les supérieurs sont

encore recouverts par des lambeaux de gaînes courtes, finement striées, et fimbriées au sommet, à dents plus ou moins obtuses. Ce dernier caractère distingue cette espèce de l'*Equisetum limosellum* Heer, de la mollasse suisse, dont les dimensions sont un peu plus petites et les gaînes terminées par des dents très-acuminées.

Les cannelures des tiges de notre *Equisetum lacustre* sont au nombre de dix à onze sur chaque face, vingt en tout. Les articles inférieurs sont plus rapprochés, dépouillés de gaînes et marqués d'une rangée de cicatrices en forme de points saillants dont le nombre correspond à celui des stries et qui sont l'indice de l'insertion d'autant de radicules. C'est un détail que l'on peut observer sur les tiges des grandes espèces d'*Equisetum;* celui de Fontienne égale la dimension des plus élevés de ceux de l'époque actuelle, entre autres de l'*E. arundinaceum* Bory. Nous avons recueilli dernièrement à Saint-Zacharie des ramules qui se rapportent à la même espèce et qui prouvent que ses tiges étaient pourvues de rameaux verticillés, mais probablement en petit nombre et dans certains cas seulement.

GYMNOSPERMÆ.

CUPRESSINEÆ.

CALLITRIS Vent.

CALLITRIS BRONGNIARTII Endl., Sap., *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 56; *Ann. sc. nat.* 4ᵉ série, t. XVII, p. 209, pl. 2, fig. 6, et pl. 3, fig. 1; etc.

Schistes de Fontienne, près de Forcalquier. — Très-rare.

Le genre *Callitris*, que nous avons observé jusqu'ici dans toutes les flores tertiaires du sud-est de la France, à partir de l'éocène supérieur, se retire évidemment de nos pays, peut-être devant l'humidité croissante du climat. Les couches de Manosque n'en ont offert aucune trace jusqu'à présent. Un très-petit fragment, recueilli dans celles de Fontienne, atteste pourtant que cette espèce existait encore en Provence. Elle est tout

à fait absente de la mollasse suisse et ne se retrouve qu'en vestiges isolés dans la végétation de Coumi en Grèce, dont les rapports avec Manosque sont évidents. Le *C. Brongniartii* ne reparaît plus dans les argiles du bassin de Marseille dont l'âge est un peu postérieur à celui des lignites de Manosque. C'est donc ici la dernière apparition constatée de cette espèce dans le midi de la France.

WIDDRINGTONIA Endl.

WIDDRINGTONIA UNGERI Endl., Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, tab. 16, fig. 18.
(Pl. III, fig. 2-3.)

W. ramulis gracilibus; foliis squamiformibus, adpresse imbricatis, ovato-lanceolatis, breviter acuminatis, spiraliter insertis; seminum nucleo ovato; ala brevi utrinque inæqualiter expansa, emarginata.

Juniperites baccifera Ung., *Chl. prot.*, p. 80, tab. 21.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Le fragment de ramule est très-petit (fig. 2 et 2, *α*) ; mais il présente avec netteté les caractères distinctifs de cette espèce, signalée à Parschlug, à Bilin, et dans plusieurs autres localités d'Allemagne. M. Heer a figuré dans sa *Flore* un rameau recueilli à Œningen qu'il rapporte avec quelque doute à la même forme. Le spécimen de Manosque laisse voir des feuilles alternes squamiformes, apprimées inférieurement, repliées en dehors à leur sommet. Nous réunissons à ce petit ramule une semence de la même localité qui nous paraît très-semblable à celles des *Widdringtonia* de l'époque actuelle. La nucule (fig. 3), ovale, prolongée en bec, est accompagnée latéralement et surmontée d'une aile membraneuse, un peu inégale, pourvue à sa partie terminale d'une échancrure qui paraît correspondre à l'ouverture micropylaire. Les graines du *Widdringtonia cupressoides* offrent une structure identique.

TAXODINEÆ.

GLYPTOSTROBUS Endl.

GLYPTOSTROBUS EUROPÆUS Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 51, tab. 19 et 20, fig. 1; Unger, *Foss. Fl. von Kumi*, p. 18, tab. 1, fig. 3-11; Ch. Gaudin, *Mémoire sur quelques gisem. de feuilles foss. de Toscane*, p. 26, pl. 1, fig. 5-10.

G. foliis omnibus squamiformibus, plus minusve adpressis, quandoque in ramulis, præsertim axillaribus, laxius imbricatis; strobilis subglobosis, squamis arcte adpressis vertice in ambitu 6-8-12 crenatis, dorso appendiculatis.

Taxodium europæum Brngt, *Ann. sc. nat.*, 1re série, t. XXX, p. 175. — *Glyptostrobites œningensis* Al. Br., in *Sitz. Verz.*, p. 73. — *Cupressites racemosus* Gœpp., *Monogr. Conif.*, p. 184, tab. 19. — *Taxodites europæus* id., *ibid.*, p. 192, tab. 22, fig. 1.

Schistes du bois d'Asson. — Très-fréquent.

M. Heer, dans sa *Flore tertiaire de Suisse*, a parfaitement décrit cette espèce signalée depuis longtemps sous divers noms, très-répandue dans toute la mollasse, et fréquente surtout à Œningen. On peut y voir que le *Glyptostrobus europæus* est une des plantes qui caractérisent le mieux le terrain miocène. On le retrouve à Coumi, en Grèce, et il remonte jusque dans le pliocène du val d'Arno, en Italie. Cette forme, de même que son proche voisin actuel, le *G. sinensis*, croissait sur le bord immédiat des lacs, le long des plages humides et partiellement inondées. Elle se distingue de l'espèce actuelle par de plus grandes proportions, des fruits beaucoup plus gros et l'absence de feuilles aciculaires sur les ramules destinés à tomber chaque année, comme ceux du *Taxodium distichum*. On en découvre à Manosque des branches entières, pourvues de ramifications élancées, alternes ou subopposées, quelquefois dichotomes. Ces ramules portent souvent des fruits qui ne mesurent pas moins de 1 centimètre 1/2 de diamètre sur une longueur de 2 à 3 centimètres 1/2. Leur forme est ovoïde; ils ne sont pas terminaux

et ils persistaient sans doute plus d'une année sur les branches; les chatons mâles, petits et globuleux, ne sont pas rares à l'extrémité des derniers ramules.

SEQUOIA Endl.

SEQUOIA TOURNALII Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 195; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. IV, p. 51, pl. 2, fig. 1.

S. ramulis ad basin innovationum squamis dense vestitis; foliis omnibus acicularibus distichis, illis ramorum brevioribus, obliquioribus, quandoque, in ramis præsertim strobiliferis, subsquamiformibus, foliis ramulorum patentibus, lanceolato-linearibus, rigidiusculis, apice acuto pungentibus, approximatis, apicem basinque versus sensim decrescentibus; strobilis illos *Sequoiæ sempervirentis* forma magnitudineque æquantibus.

Sequoia Langsdorffii Sap. (non Heer), *Ex. anal.*, p. 43. — *Taxites Tournalii* Brngt, *Prodr.*, 188 et 184; *Ann. sc. nat.*, t. XV, p. 47, pl. 3, fig. 4.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

Nous avions d'abord signalé à Manosque, d'après un seul fragment de ramule, le *Sequoia Langsdorffii* Heer (1); mais l'étude du *Sequoia Tournalii* d'Armissan, que nous ne connaissions pas encore, et la découverte de nombreux rameaux, ainsi que celle d'un fruit, conformes à ceux des environs de Narbonne, sans oublier la liaison étroite qui réunit les deux flores, nous déterminent à identifier les empreintes de la vallée du Largue avec celles d'Armissan dont nous avons figuré de fort beaux échantillons. Quoique les différentes parties des *Sequoia* tertiaires soient parfois difficiles à délimiter, la multiplicité des observations et la présence presque constante des fruits commencent cependant à jeter un jour précieux sur l'état de ce genre en Europe à l'époque du miocène inférieur. Le *Sequoia Langsdorffii* est très-voisin du *Sequoia Tournalii*, mais il a des feuilles plus étroites, plus allongées, plus

(1) Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 54, tab. 20, fig. 2, et tab. 21, fig. 4.

étalées, plus acuminées au sommet. Ses fruits sont très-petits; ses ramules plus flexibles et plus divisés. Le *Sequoia Hardtii* (*Chamæcyparites Hardtii* Ettingh.) a des fruits en massue, des feuilles très-courtes, presque squamiformes sur les branches principales, étalées et étroitement linéaires sur les ramules axillaires. Le *Sequoia Tournalii* semble intermédiaire entre les deux précédents par les organes de la végétation; ses feuilles, toujours aciculaires, sont cependant plus courtes et plus obliques sur les ramifications principales, longues, étalées et franchement distiques sur les ramules; mais elles sont plus roides et moins prolongées que celles du *S. Langsdorffii*. Ses fruits sont bien plus gros; ils égalent ou dépassent un peu ceux du *Sequoia sempervirens* actuel, et affectent la même forme. C'est à ce même *Sequoia* que l'on devra sans doute réunir les exemplaires figurés par M. Unger dans sa *Flore de Coumi*, sous le nom de *Sequoia Langsdorffii*. Les *Sequoia Couttsiæ* Heer et *Sternbergii* Heer (*Araucarites Sternbergii* Ettingh.) ne sont pas moins distincts, le premier par sa ressemblance avec le *Sequoia gigantea*, mais avec des fruits globuleux bien plus petits, le second par ses grands fruits et ses feuilles en crochet, analogues à celles des *Cryptomeria*. Il existe donc cinq espèces de *Sequoia* tertiaires, à peu près contemporaines et bien distinctes. Le *Sequoia Tournalii* est bien moins commun dans les lignites de Manosque qu'à Armissan; il y cède le pas au *Glyptostrobus europæus*; peut-être commençait-il à décliner? On a encore observé des traces de *Sequoia* dans le pliocène d'Italie; mais elles y sont très-rares, et dès la fin du miocène ces essences commencent à s'éloigner de notre sol, qu'elles ont plus tard abandonné complétement.

ABIETINEÆ.

PINUS L.

PINUS PARVINUCULA. (Pl. III, fig. 8-10.)

P. seminum ala latiuscula, basi apiceque oblique truncata, nucleum minutum pluries superante.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Semences de Pin analogues par la forme à celles du *Pinus inops* Soland., mais remarquables par la petitesse de la nucule.

PINUS MANUESCENSIS Sap., *Ex. anal.*, p. 44. (Pl. III, fig. 7.)

P. seminum ala lata, dolabriformi, nucleum pluries superante.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Semence qui indique la présence d'une espèce de Pin distincte de la précédente, mais voisine par la forme de celle du *Pinus copidoptera* Sap., découvert à Armissan (1).

PINUS CORRUGATA.

P. strobilis ovato-oblongis, acuminatis, squamarum reliquiis axi crasso fusiformi insertis.

Plaques marneuses de la vallée de la Mort-d'Imbert.

Cette espèce nous est connue par l'empreinte de plusieurs cônes dispersés à la surface d'une grande plaque marneuse. En reproduisant à l'aide d'un moulage le relief de ces fruits, on voit que leurs écailles se trouvent réduites à des moignons, dont la saillie suffit pour faire reconnaître l'ordre spiral suivant lequel elles étaient disposées. Il est donc facile de signaler un Pin dans cette espèce, mais il nous paraît impossible d'arriver pour elle à une détermination plus précise. La régularité avec laquelle les écailles ont été enlevées, et la ressemblance de ces cônes avec ceux qu'on rencontre par centaines au pied des Pins, où les Écureuils les rejettent après en avoir retiré les graines, permettent de croire qu'ils ont été également réduits à cet état par un Rongeur.

(1) Voy. *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 224, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 80, pl. 3, fig. 10 et 14.

MONOCOTYLEDONEÆ.

GRAMINEÆ.

PANICUM L.

· Panicum pedicellatum Sap., *Ex. anal.*, p. 44. (Pl. III, fig. 12-13.)

P. spiculis laxe paniculatis, ovato-globosis, pedicellatis, pedicellis capillaribus, solitariis; glumellis introrsum lævibus, concavis, extus dorso hispido-scaberulis, inæqualibus, apice mucronulatis, inferioribus paulo minoribus.

Schistes marneux de la vallée de la Mort-d'Imbert. — Vallée du Largue, près de Dauphin. — Environs de Forcalquier. — Vallée de Sault (Vaucluse). — Fréquent à un niveau déterminé.

Les épillets épars de cette espèce parsèment en quantité innombrable la surface de certains feuillets schisto-marneux qui forment une zone très-régulière et très-étendue, à la partie supérieure de celle qui renferme ordinairement les autres plantes. Ce n'est pas seulement auprès de Manosque et de Forcalquier que nous avons observé cette Graminée, mais encore dans la petite formation tertiaire de la vallée de Sault.

Une assise entière, dans la vallée de la Mort-d'Imbert, divisible en feuillets très-minces, en est entièrement remplie; il faut donc que la Graminée à laquelle ces épillets ont appartenu se soit singulièrement multipliée, à une certaine époque, sur les bords de la lagune tertiaire, pour que le vent (car on ne saurait invoquer une autre cause) ait pu disséminer à la surface des eaux un si grand nombre de ces petits organes : il est vrai que ces fleurs se rapportent à un genre dont les panicules ramifiées atteignent parfois des dimensions considérables.

Les épillets sont uniflores, ovales-globuleux, solitaires au sommet de longs pédicelles roides et filiformes. Les glumelles, au nombre de trois, se recouvrent mutuellement; on peut aisément les observer, car plusieurs de ces organes se montrent détachés sur les plaquettes, à côté des épillets. Elles

étaient oblongues, inégales, un peu naviculaires, lancéolées-pointues au sommet, serrulées sur les bords, lisses sur la face interne, fortement hispides et rugueuses sur le dos. Les extérieures, dont l'inférieure paraît plus petite, sont distinctement mucronées.

Parmi les espèces actuelles, nous indiquerons le *Panicum miliaceum* L. comme se rapprochant du nôtre par la forme et la dimension des épillets, et aussi par la longueur et la ténuité des pédicelles. Toutefois les épillets de l'espèce indienne sont plus ovales, et les glumes, quoique striées, ne sont pas hispides. Mais on peut citer une longue suite d'espèces, appartenant à la même section, qui ressemblent sous ce dernier rapport à la plante fossile. Les *Panicum trachystachyum* Nees ab E. (Brésil), *perforatum* N. ab E. (Brésil), *rigidulum* Bosc (Am. sept.), *trinerve* Trin. (Brésil), sont dans ce cas, ainsi que les *P. ramulosum* Mich., *fragile* Kunth (Am. sept.); on doit citer encore le *P. rugulosum* Trin. (Brésil). Toutes ces plantes se rapprochent plus ou moins de l'espèce fossile. Il n'est pas besoin de faire ressortir le rapport que présente la dernière de celles que nous avons énumérées, à cause des rugosités qui sillonnent extérieurement les glumes. Toutes ces espèces sont américaines et en grande partie brésiliennes, et dénotent ainsi l'étroite affinité du *Panicum pedicellatum* avec les formes tropicales du nouveau continent.

POACITES Brngt.

Poacites neglectus. (Pl. VII, fig. 5 *c*.)

P. spiculis ovatis, brevissime pedicellatis, glumellis oblongis, obtusis, arcte imbricatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Épillet isolé, de petite dimension (voy. fig. 5 *c'*, grossie), puisque sa longueur totale n'est que de 5 millimètres. Il est courtement pédicellé, ovale-obtus, peu allongé, et comprend, à ce qu'il semble, huit à dix fleurs étroitement imbriquées. Les glumes sont oblongues, obtuses, légèrement réclinées et mutiques. Cette

espèce se rapproche de celle que M. Heer a décrite sous le nom de *Poacites Rabdinus*, et qui provient de Hohe-Rhonen (1).

CYPERACEÆ.

CYPERITES Lindl. et Hutt.

CYPERITES GRAMINEUS Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, I, p. 191, *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, t. XIX, p. 37.

C. culmis? gracilibus, elongatis, nudis, triquetris, tenuissime striatis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Empreintes de tiges ou de feuilles triquètres, étroites, allongées, finement striées, conformes à celles que nous avons signalées dans la flore de Saint-Zacharie.

RHIZOCAULEÆ.

RHIZOCAULON Sap.

RHIZOCAULON RECENTIUS Sap.

R. foliis latis multinerviis, nervis tenuissimis, nervulis plurimis transversis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Lambeau de feuille très-largement linéaire, pareil à ceux que nous avons signalés dans la flore de Bonnieux.

TYPHACEÆ.

SPARGANIUM Tournef.

SPARGANIUM STYGIUM Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 101, tab. 45.

S. foliis linearibus, nervis longitudinalibus 11-12 septis transversis conjunctis, interstitialibus paucioribus.

Schistes du bois d'Asson et lits marneux de la vallée de la Mort-d'Imbert.

(1) *Fl. tert. Helv.*, I, p. 69, tab. 25, fig. 8.

Espèce qui reparaît uniformément dans tous les dépôts tertiaires du midi de la France.

TYPHA L.

Typha latissima Al. Br., Heer, *Fl. tert. Helv.*, I, p. 98, tab. 43 et 44.

T. foliis late linearibus, nervis longitudinalibus circiter 15 robustioribus, septis transversis conjunctis, interstitialibus 4–6 subtilibus, vix conspicuis.

Schistes du bois d'Asson; lits marneux de la vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-fréquent.

Les feuilles largement rubanées de cette espèce couvrent entièrement certaines plaques; elles dépassent par leur dimension les plus grands exemplaires figurés par M. Heer dans sa *Flore tertiaire de Suisse*. On ne saurait pourtant les en distinguer spécifiquement. Il est très-singulier de ne jamais rencontrer les hampes ni les spadices de ce *Typha*, tandis que ces organes sont si fréquents à notre époque parmi ses congénères.

DICOTYLEDONEÆ.

APETALÆ.

MYRICEÆ.

MYRICA L.

Myrica pseudo-faya. (Pl. III, fig. 11.)

M. foliis breviter petiolatis, lanceolatis, obtusis, margine obscure sinuato-dentatis, nervis secundariis basi subcurvatis, secus marginem furcato-arcuatis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Ce sont des feuilles dont le pétiole est court et assez gros proportionnellement; leur contour est ovale-lancéolé, obtus au sommet. Le bord est denté, à dents peu prononcées; les nervures latérales partent à angle droit, et sont en général opposées et recourbées près de la marge, le long de laquelle elles se

réunissent à l'aide d'arceaux très-surbaissés. Cette espèce reproduit en petit la physionomie du *Myrica Faya* L. des îles Canaries.

MYRICA FRATERNA. (Pl. IV, fig. 1.)

M. foliis membranaceis, late oblongo-lanceolatis, integerrimis margine subundulato, subtiliter punctulatis; nervo primario valido, secundariis angulo aperto enatis, dein curvatis, flexuosis, secus marginem ascendentibus et in areolas seriatim decrescentes solutis, tertiariis transversis, flexuosis, cum nervulis e costa media ortis ramoso-reticulatis, in rete areolato conjunctis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

L'existence de cette espèce repose sur l'observation d'une seule empreinte mutilée aux deux extrémités, mais dont la conservation est si belle et les caractères si nets, que nous n'hésitons pas à y reconnaître un *Myrica* voisin du *Myrica sapida* Wall., du Népaul. Il serait même difficile de signaler entre les deux formes des caractères vraiment différentiels. Il paraît cependant que la feuille fossile est plus allongée et plus longuement atténuée inférieurement, tandis que le contour de celles de l'espèce du Népaul est plus régulièrement lancéolé. On distingue bien les petites ponctuations résineuses qui les recouvrent, et dont nous retrouvons la disposition dans celles du *M. sapida*. Ce *Myrica* ne sera pas le seul exemple, dans la végétation tertiaire de Manosque, d'espèces anciennes, dont la ressemblance avec celles qui leur correspondent dans l'ordre actuel va presque jusqu'à l'identité; mais ce qu'il faut encore observer, c'est que notre *Myrica fraterna* se rapproche également beaucoup d'une espèce de Sézanne que nous venons de décrire sous le nom de *Myrica platyphylla* (1). Cette affinité est telle, qu'on ne saurait signaler d'autre divergence que certains détails de la nervation, en sorte que l'espèce de Manosque se trouve strictement intermédiaire entre les deux

(1) Voy. *Mém. de la Soc. géol.*, 2e série, t. VIII, p. 331, pl. 6, fig. 7.

autres, plus voisine du *M. platyphylla* par le contour, mais se liant davantage au *M. sapida* par les détails du réseau veineux.

MYRICA LIGNITUM Sap. Vide *suprà*, *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 246, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 102, pl. 5, fig. 10.

M. foliis coriaceis, lanceolatis vel lanceolato-linearibus, basi in petiolum validum longum sensim attenuatis, margine grosse dentatis vel integerrimis, nervis secundariis angulatis, numerosis, areolatis, tertiariis subtiliter reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-fréquent.

Les feuilles de cette espèce, une des plus controversées de l'âge tertiaire, ont été décrites et figurées, ainsi que les chatons mâles qui les accompagnent, dans la Flore d'Armissan. Nous ne reviendrons pas ici sur les motifs qui nous les ont fait rapporter au groupe des Myricées comme au plus naturel. Ces motifs nous paraissent décisifs. A Manosque, les empreintes de *Myrica lignitum* sont abondantes, plus larges que celles d'Armissan, ordinairement lancéolées, tantôt dentées, tantôt sinuées ou irrégulièrement ondulées sur les bords. Elles reproduisent fidèlement le type de celles que M. Unger a figurées dans son *Iconographia;* leur nervation, très-visible, se compose de veines obliquement ramifiées en un réseau d'une finesse extrême. Leur texture est évidemment coriace, et, pour rencontrer des analogies dans la nature actuelle, il faut rechercher les *Myrica* à feuilles épaisses, indigènes des pays les plus chauds. Nous citerons particulièrement, comme très-ressemblant, le *Myrica spathulata* Mirb., de Madagascar, dont les feuilles diffèrent, il est vrai, par leur terminaison obtuse, mais qui, par leur aspect, leur consistance, leur mode de nervation et de dentelure, présentent tous les éléments d'un rapprochement sérieux.

MYRICA LÆVIGATA Sap. Vide *suprà*, *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 244, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 100.

M. foliis longe petiolatis, subcoriaceis, amplis, lato-linearibus vel oblongo-lanceolatis, basi et apice longe sensimque acumi-

natis, margine dentato-sinuatis quandoque integerrimis, nervo primario valido, secundariis subobliquis, rectis, areolatis, tertiariis flexuosis tenuissime reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-fréquent.

Ce *Myrica* est une des espèce les plus communes et les mieux caractérisées de la végétation de Manosque. Il n'existe aucune différence sensible entre les exemplaires provenant de la vallée du Largue et ceux qui peuplent en Suisse les plaques bitumineuses du Monod (1). Ce sont des feuilles de texture coriace, de grande dimension, plus ou moins allongées, lancéolées ou largement linéaires, longuement atténuées en pétiole à la base, tantôt entières, tantôt dentées ou sinuées, pourvues de nervures plus flexueuses, et composant un réseau moins fin et moins serré que celles du *M. lignitum*. Le *Myrica lævigata* se rapproche cependant beaucoup de ce dernier, surtout si l'on recherche les empreines douteuses et intermédiaires. On serait presque tenté d'opérer la réunion des deux formes, comme le propose M. Unger dans son récent ouvrage sur Coumi. Le *Myrica lævigata* offre un rapport frappant d'aspect et de nervation avec le *M. salicina* Hochst., d'Abyssinie, dont les feuilles varient en effet autant que celles de l'espèce fossile.

BETULACEÆ.

BETULA Tournef.

BETULA ELLIPTICA Sap., *Ex. anal.*, p. 44. (Pl. V, fig. 3-4.)

B. foliis longe petiolatis, oblongo-ellipticis, acuminatis, duplicato-dentato-crenatis, nervis secundariis suboppositis, obliquis, apice ramosis; samaræ nucula elliptica, basi attenuata, ala rotundata apice emarginata, nuculam magnitudine superante.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Les samares se distinguent à peine de celles des *Betula*

(1) Voy. Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 101, tab. 99, fig. 5-8.

Ungeri Andr. et *Dryadum* Brngt par la forme un peu plus atténuée inférieurement de la nucule ; mais la séparation d'avec ces espèces devient évidente si l'on s'attache à la feuille (fig. 3), qui est oblongue-elliptique, finement acuminée au sommet et terminée à la base en un long pétiole. L'attribution de cette feuille au genre *Betula* ne peut être l'objet d'un doute, et son affinité avec le *Betula Jacquemontii* Spach est remarquable. Les vestiges de cette espèce sont rares dans le bassin de Manosque ; elle devait croître un peu à l'écart des eaux, et sur les pentes fraîches et septentrionales de la localité.

ALNUS Tournef.

ALNUS SPORADUM Ung., *Foss. Fl. von Kumi*, p. 23, tab. 3, fig. 1-8.
(Pl. IV, fig. 2-6 ; pl. XV, fig. 3.)

A. foliis longe petiolatis, ovato-ellipticis vel plerumque elliptico-obovatis, v. rarius late obovatis, tenuiter denticulatis vel integriusculis, polymorphis aliquandoque minutis, nervis secundariis utrinque 8-10 suboppositis, simplicibus, parallelis, secus marginem curvatis breviterque ramosis. Strobilis magnis, oblongis, squamis lignescentibus apice incrassatis, axi valido affixis, pedunculatis, pedunculis robustis, erectis, 2-3 aggregatis.

Alnus nostratum Sap. (non Unger), *Ex. anal.*, p. 43 ; *Notice sur les plantes fossiles de Coumi et d'Oropo*, p. 4. — Heer ? *Fl. tert. Helv.*, II, p. 37, tab. 71, fig. 13, 15, 19, 20, 21. — *Alnus Kefersteini* Heer, *ibid.*, fig. 5 (quoad strobilos gypsis aquentibus tributos). — *Carpinus betuloides ?* Unger, *Foss. Fl. von Kumi*, p. 24, tab. 3, fig. 29, 33-34 ! tab. 4, fig. 1 !.

Schistes du bois d'Asson. — Fréquent.

Les strobiles de cette espèce (fig. 6) ressemblent, par la grosseur, la forme et la consistance, à ceux de l'*Alnus cordata* Ten. Il en a été signalé de très-analogues, sous le nom d'*Alnus Kefersteini*, sur divers points de l'Europe tertiaire, à Sagor

(Carinthie), à Bilin (Bohême), à Salzhausen (Wettéravie) (1). Cependant, outre que la forme de ceux-ci paraît un peu plus globuleuse, les feuilles qui leur ont été généralement attribuées, et que M. Heer a observées aussi dans les marnes du Monod (2), diffèrent beaucoup de celles que nous allons décrire par leur court pétiole, leur contour presque orbiculaire, et le petit nombre de nervures secondaires, réduites à cinq ou six paires. Il n'y a donc pas lieu de rapprocher l'espèce de Manosque de l'*A. Kefersteini*, qui retrace fidèlement, dans l'Europe miocène, le type de l'*Alnus cordata*, tandis que la nôtre se rattache, comme nous le verrons, à l'*A. orientalis* Dcne. A côté d'une feuille d'*A. Kefersteini*, M. Heer (3) a figuré, en les attribuant à la même espèce, de très-beaux strobiles pédonculés, agrégés par trois sur un pédoncule commun, d'*après un exemplaire provenant d'Aix*, et déposé au musée de Berne. Mais comme on n'a jamais rencontré de pareils organes dans les gypses d'Aix, et que les empreintes du bassin de Manosque ont souvent été confondues par les marchands d'Aix avec celles des plâtrières de cette dernière localité, il est probable que l'exemplaire du musée de Berne doit être réuni à l'espèce que nous décrivons, et qu'elle provient en réalité de Manosque. J'ai pu moi-même constater une confusion analogue en ce qui concerne l'empreinte reproduite figure 2, qui appartient certainement au dépôt du bois d'Asson, malgré l'étiquette écrite par M. Marcel de Serres, attestant qu'il la considérait comme recueillie à Aix.

Il existe une autre espèce tertiaire plus difficile encore à distinguer de la nôtre, c'est l'*Alnus nostratum* signalé par M. Unger dans le miocène de Styrie, principalement à Freyberg (4). Si la figure du *Chloris protogæa* est exacte, elle diffère des empreintes de Manosque par un court pétiole, et par des nervures secondaires bien plus multipliées, puisqu'elles sont au nombre de

(1) Voy. Ung., *Chlor. protog.*, p. 115, tab. 33, fig. 1-4. — Ludwig, *Palæontogr.*, VIII, tab. 31, fig. 1-3.

(2) Voy. Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 37, tab. 71, fig. 6.

(3) *Fl. tert. Helv.*, II, tab. 71, fig. 5.

(4) Voy. *Chlor. protog.*, p. 117, tab. 34, fig. 1.

quinze paires. Les feuilles d'Eriz et du Monod, figurées sous le même nom par M. Heer, ressemblent bien plus aux nôtres par tous les détails de forme et de nervation ; aussi inclinons-nous à les identifier avec elles, tout en conservant des doutes touchant leur relation avec l'espèce de Styrie, à laquelle on doit dans tous les cas conserver la dénomination d'*Alnus nostratum*.

C'est encore sous ce nom que nous avions d'abord signalé les feuilles de Manosque (1), dont les strobiles nous étaient alors inconnus, et depuis nous avons employé la même dénomination pour désigner une espèce de la flore de Coumi, dans notre notice sur les plantes fossiles de cette localité. Nous nous fondions pour cela sur une grande empreinte de feuille largement ovale, qui existe dans la collection rapportée de Grèce par M. Gaudry, et qui ne diffère en rien des plus grandes du dépôt de Manosque. M. Unger, dans une publication toute récente sur cette même localité de Coumi, décrit deux espèces d'*Alnus*, dont il a figuré les divers organes. L'un d'eux, l'*Alnus Cycladum*, paraît très-voisin de l'*A. gracilis* Ung. (2); il a des feuilles médiocres, elliptiques, serrulées, assez brièvement pétiolées, et des strobiles grêles et longuement pédonculés : M. Unger le compare à l'*A. viridis*. L'autre espèce, nommée par l'auteur *A. Sporadum*, a des strobiles tellement pareils à ceux dont nous donnons une figure (fig. 6), qu'il nous a paru impossible de les en distinguer. Quant aux feuilles, le seul fragment donné par M. Unger (3) est douteux ou tout au moins assez mal caractérisé ; mais si nous recourons, pour compléter l'espèce, à la grande empreinte de la collection Gaudry dont il a été question un peu plus haut, nous obtiendrons une forme tellement similaire de celle de Manosque, que nous trouvons naturel d'appliquer à toutes deux le nom d'*A. Sporadum*, proposé par M. Unger pour celle de Grèce. Il est également probable qu'une partie au moins des empreintes de Coumi auxquelles M. Unger a donné le nom de *Carpinus betuloides*, notamment les figures 29, 33, 34 de la planche 3, et 1 de

(1) *Examen analytique des flores fossiles de Provence*, p. 43 et 44.
(2) *Chlor. protog.*, tab. 33, fig. 5-9; *Fl. tert. Helv.*, II, p. 37, tab. 71, fig. 8-12.
(3) *Foss. Fl. von Kumi*, tab. 3, fig. 8.

la planche 4, rentrent dans les limites de la même espèce. Leur rapport frappant avec les feuilles recueillies en Provence donne droit de le supposer, tandis que leur dentelure simple et la disposition de leurs nervures les éloignent des *Carpinus*, ainsi que la longueur de leur pétiole.

Il a été recueilli à Manosque une longue série de ces feuilles, dont nous ne reproduisons que les principales : elles varient énormément de taille, de contour et d'aspect ; mais toutes ces variétés se fondent l'une dans l'autre, et leur ensemble constitue une espèce dont il est possible de saisir tous les caractères. Les feuilles les plus développées (fig. 3) sont largement obovales, obtusément atténuées inférieurement, ou d'autres fois (fig. 2) arrondies-subcordiformes à la base. Le pétiole, conservé dans plusieurs empreintes, est long (fig. 4) proportionnellement à l'étendue du limbe ; il est de 2 centimètres dans les feuilles de grandeur moyenne, mais il atteint ou dépasse même 4 centimètres dans les plus grandes. Le contour le plus ordinaire est elliptique, plus ou moins obovale, obtus ou très-brièvement atténué en pointe au sommet. Le bord est faiblement mais distinctement denticulé, à dents égales, fines, peu saillantes, quelquefois nulles ou inégalement espacées. Les nervures secondaires, ordinairement opposées et subopposées, sont au nombre de 8 à 12 de chaque côté de la médiane ; les inférieures naissent sous un angle obtus ; les supérieures deviennent plus ou moins ascendantes ; elles sont parallèles entre elles, simples, légèrement repliées le long des bords et réunies entre elles par des rameaux et des anastomoses peu développés. On rencontre à côté de ces feuilles d'autres exemplaires (fig. 5) de très-petite taille, qui se rapportent pourtant à la même espèce et représentent les feuilles situées à la base des rameaux.

Cette espèce, si voisine de l'*A. cordata* par les fruits, s'en éloigne donc par les feuilles, qui n'offrent ni le contour en cœur, ni les nervures secondaires recourbées et promptement ramifiées des feuilles de celui-ci ; elle se rapproche bien davantage d'une forme de ce même *A. cordata*, bien distincte du type normal par le contour elliptique des feuilles, des nervures moins repliées

et plus simples, des strobiles plus petits et des nucules subaptères, désignée sous le nom d'*Alnus subcordata* dans la monographie de M. Regel (1) : c'est là un ensemble de caractères qui tendent à la rapprocher de l'espèce de Manosque. Mais cette espèce reproduit plus particulièrement les traits de l'*Alnus orientalis* Dcne, espèce à feuilles glabres, elliptiques ou oblongues, lancéolées ou largement ovales, presque toujours arrondies inférieurement, simplement denticulées sur les bords, à strobiles presque aussi gros, mais plus arrondis que ceux de l'*A. cordata*, et disposés en panicules axillaires. Elle habite en Syrie la région du Liban, et se retrouve, à ce qu'il paraît, dans l'île de Chypre. M. Gaudry en a rapporté de Chypre une forme un peu différente par des feuilles plus petites, plus oblongues, plus luisantes, des nervures plus réticulées et des strobiles beaucoup moins gros. Nous sommes donc en présence d'un type sujet à bien des variations secondaires, se rattachant au même groupe que l'*A. cordata*, mais dont nous ne pouvons méconnaître l'étroite affinité avec la forme fossile dont les couches de Manosque renferment de si beaux spécimens.

CUPULIFERÆ.

CARPINUS L.

CARPINUS GRANDIS Ung., *Iconogr. pl. foss.*, p. 39, tab. 20, fig. 4 (*excluso fructu !*); Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 40, tab. 71, fig. 19, tab. 72, fig. 2-24, et 73, fig. 2-4; Ludwig, *Palæontogr.*, t. VIII, p. 99, tab. 30, fig. 17-18, tab. 33, fig. 1-4, 7, 9-11, pl. 15, fig. 1-2.

C. foliis breviter petiolatis, oblongo-ovatis, acuminatis, basi obtusata vel subcordata, argute duplicato-serratis, nervis secundariis utrinque 15-18, alternis, obliquis, rectis, parallelis, summo apice breviter ramosis.

Schistes du bois d'Asson, et calcaires marneux de la vallée de la Mort-d'Imbert. — Fréquent.

M. Heer a figuré dans sa *Flore tertiaire de Suisse* une longue

(1) Regel, *Monogr. Betul.*, p. 112, tab. 11, fig. 20.

série d'échantillons de cette espèce dont la grande abondance caractérise en Suisse, comme en Allemagne et en Provence, le miocène inférieur. Les feuilles en sont parfaitement connues; mais il n'en est pas ainsi des fruits, qui sont encore à trouver, puisque les involucres trifides de Radoboj que M. Unger avait attribués à un *Carpinus* ont dû être depuis, avec raison, rapportés au genre *Engelhardtia*. A Manosque, malgré l'abondance des feuilles, nous n'avons pas encore découvert de traces de ces fruits, circonstance qui est au moins singulière, à cause de l'involucre ailé membraneux qui les accompagne ordinairement et que le vent aurait dû entraîner dans les eaux du lac, ainsi qu'il a fait pour d'autres organes d'une structure analogue.

QUERCUS L.

QUERCUS ELÆNA Ung., Vide *suprà*, in Florula dicta *de Bonnieux*.
(Pl. V, fig. 2.)

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

C'est encore au *Quercus elæna* que nous rapportons une belle empreinte de feuille provenant des schistes bitumineux de la vallée du Largue. Elle concorde très-bien avec les exemplaires du Locle, figurés par M. Heer dans les dernières planches de la *Flore tertiaire* de Suisse (1); mais si on la compare aux spécimens de Bonnieux que nous avons décrits précédemment, on remarque chez elle une différence tellement sensible de proportion qu'on serait tenté d'y voir une autre espèce, si l'on ne tenait compte de la polymorphie du *Quercus elæna* et de l'amaigrissement général dont semblent frappées la plupart des feuilles du dépôt de Bonnieux. Nous avons cru saisir dans la physionomie des plantes de cette localité les indices d'un canton sec et chaud, tandis qu'à Manosque tout démontre l'influence de la fraîcheur et la présence d'une végétation luxuriante.

(1) *Fl. tert. Helv.*, III, tab. 151, fig. 1-3.

QUERCUS LINEARIS. (Pl. VII, fig. 4.)

Q. foliis subcoriaceis, petiolatis, linearibus, valde elongatis, margine subundulato-integerrimis, basi et apice sensim attenuatis ; nervis secundariis tenuibus, areolatis, tertiariis flexuosis, maxima parte e costa media ortis, in areolis quadratis, minutissimis, reticulatis.

Bastide-des-Jourdans. — Très-rare.

Il faut une attention soutenue pour ne pas confondre cette feuille remarquable avec celles du *Laurus primigenia* Ung., et pour reconnaître en elle un *Quercus* plutôt qu'une Laurinée; mais l'étude de la nervation laisse apercevoir une disposition pareille à celle que l'on observe dans les Chênes américains à feuilles étroites et allongées. En effet, les nervures secondaires, dont la finesse est très-grande, se replient en arceaux anguleux le long des bords, qui sont légèrement ondulés, et donnent lieu à des aréoles, dans lesquelles viennent se ramifier, en un réseau à petites mailles carrées ou trapéziformes, des veines émanant directement de la médiane. Extérieurement, les aréoles principales sont cernées le long des bords par une rangée d'aréoles plus petites. Ce réseau est plus visible sur le côté de l'empreinte qui correspond à la face supérieure que sur l'autre qui était peut-être un peu pubescent, conformément à ce qui existe dans plusieurs chênes actuels dont les feuilles sont glabres et lisses supérieurement, mais à la surface desquelles les veines dessinent des linéaments en saillie qui permettent de suivre à la loupe les moindres détails de la nervation.

Il est difficile de signaler pour ce chêne des ressemblances directes avec quelques-unes des formes actuelles. Toutes les analogies que l'on pourrait citer sont encore assez éloignées. Cependant, le *Quercus longifolia* Liebm., de Guatemala, les *Quercus phellos* Mich. et *cinerea* Mich., ainsi que les feuilles les plus étroites des *Q. virens* L. et *crassipes* Humb., s'en rapprochent à plusieurs égards. Le *Q. longifolia* est le plus ressemblant, à cause de ses feuilles acuminées. Parmi les fossiles, le plus voisin

est, sans contredit, le *Quercus provectifolia* des calcaires concrétionnés de Brognon (Côte-d'Or), que nous avons figuré dans le *Bulletin de la Société géologique* (1).

QUERCUS ADVENA Sap., *Ex. anal.*, p. 45. (Pl. V, fig. 6.)

Q. foliis firmis, ovato-lanceolatis, obtusis, integerrimis; nervis secundariis alternis, obliquis, parallelis, curvatis, simplicissimis, nervulis subtilibus plurimis transversis, reticulato-venosis, areolis trapeziformibus.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

La feuille que nous désignons sous ce nom est à peu près intacte; sa forme est ovale-lancéolée, obtuse et un peu émarginée au sommet; les bords en sont très-entiers et la base un peu atténuée en coin sur le pétiole. La nervure médiane donne naissance à des nervures secondaires alternes, un peu obliques, au nombre de 11 à 12 paires de chaque côté de la côte moyenne; elles sont déliées, parallèles, légèrement recourbées-ascendantes, et repliées les unes à la suite des autres le long des bords. Des veines tertiaires naissant à angle droit sur les principales, courent dans l'intervalle qui sépare celles-ci; elles donnent lieu, en se ramifiant, à un réseau à mailles très-petites, carrées ou trapéziformes.

L'attribution de cette espèce au genre *Quercus* paraît très-naturelle; elle se rattache au groupe des Chênes asiatiques à feuilles entières, à nervures parallèles, recourbées ascendantes dont le type, malgré son uniformité, donne lieu cependant à un très-grand nombre d'espèces.

Celle de Manosque se rapproche des *Quercus Korthalsii* Bl., *argentata* Korth., *Reinwardtii* Korth., *omalokos* Korth. des îles de la Sonde; mais elle ressemble plus particulièrement au dernier à cause de la terminaison obtuse du sommet.

QUERCUS LARGUENSIS Sap., *Ex. anal.*, p. 45. (Pl. V, fig. 1.)

Q. foliis firmis, petiolatis, late obovatis, basi breviter attenuatis, irregulariter inciso-sinuatis; nervis secundariis paucioribus,

(1) *Bull. de la Soc. géol.*, 2e série, t. XXIII, p. 265, pl. 5, fig. 4.

subopposititis, curvatis, nervulis transversis inflexis vel angulatim furcato-geniculatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

C'est une feuille unique, mais à peu près entière, quoique lacérée en plusieurs endroits. Le tissu semble avoir été plutôt ferme que coriace. La surface ne laisse apercevoir que difficilement les nervures, mais leur disposition est assez caractéristique pour faire reconnaître un Chêne. Le pétiole est long de 15 millimètres, assez grêle et nettement terminé. Le contour du limbe est élargi supérieurement, un peu atténué à la base; le bord est irrégulièrement sinué-lobulé, à lobules très-peu saillants et correspondant aux nervures secondaires. Celles-ci sont au nombre de cinq paires, inexactement opposées et recourbées-ascendantes; les nervures tertiaires sont transversales par rapport aux secondaires, simples ou géniculées-anguleuses et réunies par des veinules qui courent en sens inverse ou sont un peu obliques et forment un réseau à mailles carrées semblable à celui que nous remarquons chez les Chênes.

Ce Chêne est analogue, parmi les fossiles, au *Q. Charpentieri* Heer, du Monod, mais il est pourvu de nervures secondaires plus fines, plus recourbées et aboutissant plus directement à la marge. Parmi les Chênes actuels, les plus analogues sont les *Quercus crassifolia* H.B.K., et *oleoides* Cham. et Schl., le premier par le mode de dentelure, le second par la conformité du contour.

QUERCUS SINGULARIS Sap., *Ex. anal.*, p. 44. (Pl. V, fig. 5.)

Q. foliis coriaceis, petiolatis, lanceolatis, acuminatis, margine denticulatis, nervis secundariis plurimis, obliquis, secus marginem furcato-reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Si cette espèce est véritablement un Chêne, ce qui est douteux, il est vrai, elle se range près des types les plus anormaux du genre. Cependant l'étude de la nervation semble favoriser l'opinion que nous adoptons. Le pétiole est mince et long de

10 à 11 millimètres; le limbe est oblong-lancéolé, acuminé vers les deux extrémités; la terminaison supérieure est pointue et même cuspidée; les dentelures marginales, quoique en scie, sont peu saillantes; la texture était épaisse, probablement glabre et lisse à la face supérieure; les nervures, peu visibles, sont obliques et se recourbent en devenant ascendantes près des bords, où elles se divisent pour s'anastomoser entre elles. Le réseau veineux se compose de nervures tertiaires transversalement flexueuses, dont la figure 5 *a* donne le dessin grossi. Cette nervation se retrouve chez un certain nombre de Chênes actuels dont les feuilles ont en même temps un assez grand rapport avec celle-ci. Nous citerons le *Q. corrugata* Hook., de Guatemala, et aussi le *Q. annulata* Sm., du Népaul, quoique dans ce dernier cas la somme des différences l'emporte déjà sur celle des similitudes. Parmi les fossiles, l'espèce la plus voisine paraît être le *Quercus Haidingeri* Ettingsh., dont les caractères concordent en grande partie avec ceux qui distinguent notre espèce.

FAGUS L.

Fagus pristina. (Pl. VI, fig. 1-3.)

F. foliis tenuiter membranaceis, brevissime sed distincte petiolatis, ovato-lanceolatis, parce simpliciterque serratis, basi rotundatis vel obtusissime attenuatis, apice breviter acuminatis; nervis secundariis utrinque 16-18, tenuibus, rectis, parallelis, alternis vel subopppositis, sub angulo 45 gr. emissis, in dentes marginales vix excisas pergentibus, venulis subtilibus transversis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Les feuilles de ce Hêtre se distinguent de toutes celles qui ont été signalées par les auteurs allemands sous la dénomination de *Fagus* ou de *Castanea*. L'extrême brièveté de leur pétiole, long de 3 millimètres au plus, les sépare du *Fagus castaneæfolia* de Unger, et le nombre considérable des nervures secondaires

empêche de les confondre avec le *Fagus Deucalionis* Ung., de Parchslug, le *Castanea atavia* Ung., de Sotzka, et le *Fagus attenuata* Gœpp. (1). C'est encore cependant de ce dernier que l'espèce de Manosque semble se rapprocher le plus. La découverte successive de plusieurs exemplaires parfaitement intacts permet d'en apprécier exactement les caractères. La forme, l'aspect, le mode de dentelure, ainsi que la faible étendue du pétiole, les rapprochent si intimement du Hêtre actuel d'Amérique, *Fagus ferruginea* Mich., qu'on ne sait comment définir les différences. On peut dire pourtant que le pétiole des feuilles de Manosque est encore plus court, cet organe mesurant de 6 à 8 millimètres dans le *F. ferruginea*. Leur contour est un peu plus atténué en pointe vers le sommet; mais ce sont là des différences à peine sensibles, et certainement, si les feuilles fossiles se trouvaient mêlées à celles de l'espèce actuelle, il serait presque impossible de les en distinguer. C'est un exemple des plus frappants qui rattachent étroitement parfois les formes spécifiques actuelles à celles qui les ont précédées dans le temps, et dont il est difficile d'admettre qu'elles ne soient pas une descendance directe, alors que l'affinité qui réunit les premières aux secondes est si peu altérée qu'elle équivaut presque à une identité.

FAGUS CASTANEÆFOLIA? Ung., *Chl. protog.*, p. 104, tab. 28, fig. 1.
(Pl. V, fig. 7.)

F. foliis petiolatis, lanceolatis, longe acuminatis, simpliciter dentatis, nervis secundariis utrinque numerosis, obliquis, rectis, parallelis, simplicissimis, in dentes pergentibus.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Nous ne séparons qu'avec un certain doute de l'espèce précédente une empreinte plus étroite, plus élancée, plus atténuée aux deux extrémités et pourvue d'un plus long pétiole; elle rappelle un peu par ses dents plus nettement prononcées le type des *Castanea*, et il paraît naturel d'y reconnaître le *Fagus casta-*

(1) *Fl. von Schossnitz*, tab. 5, fig. 9.

neæfolia de Unger, qui se distingue par les mêmes caractères. Cependant cette forme rappelle aussi beaucoup le *Fagus attenuata* Gœpp. (1); mais les feuilles de ce dernier ne comprennent jamais que dix à douze paires de nervures secondaires, tandis que notre empreinte en compte au moins dix-huit, comme les feuilles précédentes et celles du *F. castaneæfolia*.

ULMACEÆ.

ULMUS L.

ULMUS DISCERPTA. (Pl. VI, fig. 4.)

U. foliis breviter lanceolatis, latiusculis, grosse duplicato-serratis, basi obtusis inæqualiterque sinuatis; nervis secundariis simplicibus vel furcatis, tertiariis subtilibus transversim geniculato-reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Le fragment de feuille, représenté fig. 4, indique l'existence à Manosque d'un Ormeau voisin de l'*U. Fischeri* Heer (2), distinct seulement, si l'on s'attache à l'empreinte que nous avons sous les yeux, par sa base obtusément sinuée au lieu d'être échancrée en cœur. Les dentelures principales, pointues plutôt qu'acuminées, présentent de une à trois petites dents secondaires, pointues-obtuses, peu prononcées, vers lesquelles se rendent les ramifications des nervures secondaires. La petite nervation se compose de veines plus ou moins transversales, flexueuses-géniculées et reliées par des veinules obliques; l'ensemble forme un réseau très-fin, mais assez peu visible. La plupart des espèces du monde actuel n'offrent qu'un rapport assez éloigné avec cet Orme de l'époque tertiaire.

(1) Voy. Gœpp., *Fl. von Schossnitz*, tab. 5, fig. 9, et Ludwig, *Palæont.*, VIII, p. 104, tab. 37, fig. 1-5 et 38, fig. 12.

(2) *Fl. tert. Helv.*, II, p. 57, tab. 79; fig. 1-3.

PLANERA Gmel.

PLANERA UNGERI Ettingsh., *Foss. Fl. von Wien*, p. 14, tab. 2, fig. 15-18; *Foss. Fl. von Hæring.*, tab. 10, fig. 4-5; Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 60, tab. 80; Unger, *Foss. Fl. von Kumi*, p. 24, tab. 4, fig. 10-16.

P. foliis breviter petiolatis, parvulis, ovatis vel ovato-lanceolatis, sæpe acuminatis, æqualiter simpliciterque dentato-crenatis.

Ulmus Zelkovæfolia Ung., *Chl. protog.*, tab. 14, fig. 17-22. — O. Weber, *Palæontogr. Tert. Fl. der Niederrh. Braunk.*, tab. 2, fig. 6. — *Zelkova Ungeri* Kov., in Ung. *Iconogr.* — *Ulmus prælonga* Ung., *Iconogr.*, p. 43, tab. 20, fig. 20. — *Comptonia ulmifolia* Ung., *Fl. von Sotzka*, p. 32, tab. 8, fig. 4-5.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Les feuilles de Manosque se rattachent évidemment au *Planera Ungeri*, espèce très-répandue dans toute l'Europe tertiaire de l'âge miocène ; mais elles répondent aux plus petites formes, figurées par M. Heer et par divers auteurs. Malgré cette petitesse, elles varient dans une large mesure, tantôt obtuses et simplement ovales-lancéolées, tantôt plus ou moins prolongées en pointe au sommet. Leur longueur varie entre 1 centimètre 1/2 pour les moindres et 2 centimètres pour les plus développées. Elles s'écartent donc beaucoup, sous le rapport de la dimension, des empreintes publiées par Unger dans sa *Flore fossile de Coumi*, quoique ces empreintes appartiennent incontestablement, comme les nôtres, au *Planera Ungeri*. Mais cette espèce, aussi bien que le *Microptelea sinensis* Spach., affectait une grande polymorphie. Nos feuilles reproduisent sous des dimensions bien réduites le type du *Zelkova crenata* Spach. (*Planera Richardi* Mich.) ; elles en diffèrent seulement par une forme plus atténuée au sommet; quelques-unes se rapprochent davantage du *Zelkova cretica* Spach., dont les feuilles sont plus petites que celles du type normal et les crénelures encore plus obtuses.

MOREÆ.

FICUS L.

Ficus demersa Sap., *Ex. anal.*, p. 45. (Pl. VI, fig. 5-6, et pl. XII, fig. 6.)

F. foliis ovato-oblongis, lanceolatis, obtusissime sinuato-denticulatis, basi obtuse attenuatis, subemarginatis; nervis secundariis inferioribus oppositis, infimis duobus cæteris obliquioribus, secus marginem curvatis, venulis transversis reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Les feuilles de ce beau *Ficus* sont ovales-oblongues, lancéolées, obtusément atténuées au sommet; la base est ordinairement un peu émarginée à l'origine du pétiole, qui manque dans tous les exemplaires. Le bord est faiblement denté-sinué, à dents à peine saillantes. Les nervures suivent le contour de la feuille; elles sont obliques, espacées, peu nombreuses; les trois paires inférieures sont opposées et les deux premières, un peu plus obliques que les suivantes, partent du même point que la médiane. Les supérieures, moins obliques et assez peu développées, deviennent alternes. Toutes se recourbent près du bord, se divisent et aboutissent aux dentelures par de très-petites branches. Cette espèce, remarquable par la netteté de ses caractères, se rattache très-naturellement au groupe des *Sycomorphe* Miq. Nous citerons comme plus particulièrement analogues les *Ficus ulmifolia* Lam., *exasperata* Vahl., *symphytifolia* Lam., etc. On doit encore la comparer au *Ficus racemosa* Lam., de la côte du Malabar, et peut-être encore plus au *F. ampelos* Lam., de Java, quoique, chez ce dernier, les dentelures soient ordinairement plus prononcées.

SALICINEÆ.

POPULUS L.

Populus oxyphylla. (Pl. VII, fig. 1.)

P. foliis longe petiolatis, mediocribus, subdeltoideis, breviter acuminatis, calloso-denticulatis; nervis secundariis flexuosis,

reticulatis, obliquis, infimis productioribus, extus breviter ramosis.

Populus glandulifera Sap., *Ex anal.*, p. 43.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Ce Peuplier que nous avions d'abord confondu avec le *P. glandulifera* Heer en diffère beaucoup en réalité. La forme subdeltoïde, jointe à la longueur du pétiole et à la forme des dentelures, le range naturellement parmi les espèces de la section *Marginatæ*, à côté des *P. nigra* et *hudsoniana*, et surtout de ce dernier, auquel il ressemble beaucoup.

POPULUS PALÆOMELAS Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 269; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 123, fig. 7, fig. 10.

P. foliis firmis, subdeltoideo-orbiculatis, apice sensim tenuiter apiculatis, margine denticulatis, palmato-subquinquenerviis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Nous avons figuré précédemment les feuilles de ce beau Peuplier, qui fait partie de la végétation d'Armissan et reparaît dans celle du bassin de Manosque. Elles sont rares dans les deux localités, mais ne présentent dans la seconde aucun changement appréciable. Nous ne reviendrons donc pas sur la description que nous en avons donnée; mais nous rappellerons son affinité avec les *Populus melas*, *ontariensis* et *ciliata*, ainsi qu'avec le *P. pyramidalis* Hook., du Cachemire.

LAURINEÆ.

Ce groupe est évidemment celui qui domine dans la végétation tertiaire du bassin de Manosque.

LAURUS L.

Folia regulariter penninervia, illis Laurinearum penninerviarum, præsertim Laurorum Persearumque forma et nervatione similia.

LAURUS PRIMIGENIA Ung., *Fl. von Sotzka*, tab. 19, fig. 1-4 ; Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 77, tab. 89, fig. 15; Sap. *Ét. sur la végét. tert.*, I, p. 89 et 210, II, p. 89 et 270 ; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 242, XIX, p. 56, pl. 6, fig. 5 ; 5e série, t. III, p. 93, p. 3, fig. 8, t. IV, p. 126, pl. 6, fig. 7.

Schistes du bois d'Asson. — Vallée de la Mort-d'Imbert. — Fontienne, près de Forcalquier. — Fréquent.

Les empreintes de cette espèce que nous avons successivement signalée dans presque tous les étages tertiaires du midi de la France, ne sont pas rares dans les couches du bassin de Manosque.

LAURUS FURSTENBERGII Al. Br., Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 77, tab. 89, fig. 1-4. (Pl. VII, fig. 2.)

L. foliis coriaceis, obovatis, apice obtusiusculis vel breviter apiculatis; nervis secundariis utrinque 5-6, obliquis, ascendentibus, secus marginem curvato-reticulatis, tertiariis transversis.

Laurus manuescensis Sap., *Ex. anal.*, p. 45.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Nous avions d'abord regardé cette jolie espèce comme étant voisine, quoique distincte, du *Laurus styracifolia* O. Webb (1); mais la conformité de ses caractères avec ceux qui distinguent le *L. Furstenbergii*, d'Œningen, et l'étroite affinité qui rattache également les deux formes au groupe des *Laurus* proprement dits nous engagent à ne pas les séparer. L'exemplaire reproduit par notre figure 2, pl. VII est intact, sauf le pétiole qui manque. Le bord est légèrement ondulé, la base atténuée, le contour général obové, avec une pointe terminale courte, mais appréciable. Les nervures secondaires sont obliquement dirigées, surtout les inférieures. Le réseau veineux, admirablement conservé, est visible dans ses plus petits détails et très-analogue à celui du Laurier indigène, qui présente même assez souvent des feuilles

(1) *Palæontogr.*, II, p. 180, tab. 20, fig. 3.

moins allongées que les autres et se rapprochant beaucoup de celles-ci. Il est donc probable que nous avons sous les yeux un véritable *Laurus*, prédécesseur de notre *Laurus nobilis*.

LAURUS PRINCEPS Heer, *Fl. tert. Helv.*, p. 77, tab. 89, fig. 16-17, tab. 90, fig. 17-20 et 97, fig. 1.

L. foliis coriaceis, late lanceolatis, vel lanceolato-ellipticis, utrinque attenuatis; nervo primario prominente, secundariis tenuibus, sparsis, numerosis, sub angulo plus minusve aperto egredientibus, secus marginem curvato-conjunctis, tertiariis subtiliter reticulatis.

Laurus eminens Sap., *Ex anal.*, p. 45.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

La présence d'un certain nombre d'empreintes, dont quelques-unes en bon état, nous permet de croire à l'identité de l'espèce que nous avions d'abord signalée, sous le nom de *Laurus eminens*, avec le *L. princeps*, une des espèces les plus fréquentes, surtout dans la partie supérieure de la mollasse suisse. Elle est assez rare dans le bassin de Manosque, et paraît, comme la précédente, dénoter l'existence d'un véritable *Laurus*.

LAURUS (PERSEA) SUPERBA Sap., *Et. sur la végét. tert.*, II, p. 273; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 129, pl. 7, fig. 4.

L. foliis petiolatis, subcoriaceis, amplis, elliptico-lanceolatis, apice sensim acuminatis vel quandoque obtusatis; nervo primario valido, secundariis sparsis, utrinque 10-12, curvatis, secus marginem ascendentibus, nervulis transversis pulcherrime reticulatis, rete venoso tenuissime exsculpto.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Nous avons établi cette belle espèce sur une empreinte d'Armissan jusqu'à présent unique; nous identifions avec elle, non sans un peu d'hésitation, de magnifiques spécimens, recueillis dernièrement à Manosque, et qui nous paraissent s'en éloigner par de trop faibles différences pour qu'il soit possible de les

séparer spécifiquement. Ce sont deux feuilles à peu près intactes, trouvées dans le même lit, pareilles par l'aspect, la nervation et les caractères essentiels, mais différant pourtant l'une de l'autre par leur mode de terminaison obtuse dans l'une, acuminée dans l'autre. Comme les Laurinées actuelles les plus voisines de ces feuilles présentent des variations analogues, il est visible que l'on doit ranger ces deux empreintes dans la même espèce, et les réunir à celle d'Armissan, qui n'en diffère pas plus qu'elles ne s'écartent l'une de l'autre. Ces feuilles se rattachent au groupe des *Persea*, dont plusieurs espèces ont déjà été signalées à l'état fossile. M. Heer a décrit, dans sa *Flore*, le *Persea Braunii* et le *P. speciosa* (1) : la première espèce se distingue de la nôtre par des nervures secondaires bien moins nombreuses et un contour plus largement elliptique; le professeur de Zurich la rapproche des *Persea gratissima* Gærtn., *carolinensis* Nees, ainsi que du *P. indica* Spr., et particulièrement des deux derniers. Le *Persea speciosa* se rapproche beaucoup plus des feuilles de Manosque; cependant, les feuilles de cette espèce sont proportionnellement plus larges, et leurs nervures sont plus obliques, plus allongées et moins recourbées; d'ailleurs M. Heer compare surtout cette forme au *Persea indica* qui paraît, dit-il, tenir le milieu entre les *Persea Braunii* et *speciosa*. Notre *Persea superba* se rapproche au contraire du *P. gratissima* Gærtn. et encore plus du *P. carolinensis* auquel il nous paraît étroitement lié. Il existe une telle analogie, dans tous les détails du réseau veineux, entre les feuilles fossiles et celles de l'espèce que nous venons de citer, qu'on ne saurait douter de leur affinité avec le genre *Persea*. Nous avons d'ailleurs signalé, dans la flore d'Armissan, une forme (*Laurus typica*) qui nous a paru retracer fidèlement le type du *Persea indica*. L'espèce actuelle de la Caroline aurait eu, comme celle des Canaries, un représentant en Provence dans l'âge miocène.

LAURUS (PERSEA? TETRANTHERA?) SPECTANDA. (Pl. VII, fig. 3.)

E. foliis coriaceis, late ovatis, basi apiceque obtuse atte-

(1) *Fl. tert. Helv.*, II, p. 80 et 81. tab. 89, fig. 9-10, tab. 90, fig. 11-12 et tab. 100, fig. 18.

nuatis; nervis secundariis utrinque 7-8, obliquis, parallelis, secus marginem curvato-reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Espèce remarquable qui paraît se rattacher, soit au type des *Persea*, soit surtout à celui des *Tetranthera*. Le limbe est largement ovale-elliptique, obtusément sinué aux deux extrémités. Les nervures secondaires, disposées sans ordre, c'est-à-dire, tantôt alternes, tantôt subopposées, sont obliques, parallèles, recourbées ascendantes, anastomosées près des bords et reliées par des veines qui courent transversalement dans l'intervalle qui sépare les principales. Nous trouvons une grande ressemblance entre cette feuille et celles du *Tetranthera laurifolia* Jacq., de l'île Maurice; cette ressemblance est assez étroite pour faire croire à une identité générique.

LAURUS LARGUENSIS. (Pl. XII, fig. 5.)

L. foliis obtuse lanceolatis; nervis secundariis suboppositis, ima basi obliquis, secus marginem curvatis, nervulis transversis reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Feuille de texture ferme ou même coriace, lancéolée, à nervures secondaires obliques, subopposées, recourbées-ascendantes et reliées par de nombreuses veines transversales; elle a fait sans doute partie du groupe des *Laurinées* et montre de l'affinité avec un grand nombre d'espèces actuelles de la même famille, mais appartenant à des genres bien différents. Nous citons seulement plusieurs *Persea*, le *Machilus odoratissima* Nees, le *Benzoin citriodorum*, le *Tetranthera laurifolia*, etc. Mais aucune de ces analogies n'est assez étroite pour donner lieu à une assimilation plus précise.

LAURUS (OREODAPHNE?) RESURGENS Sap., *Et. sur la végét. tert.*, II, p. 276; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 132, pl. 7, fig. 9. (Pl. VIII, fig. 5.)

L. foliis glabris, petiolatis, oblongo-lanceolatis, utrinque attenuatis, sæpius tenuiter apiculatis, penninerviis vel subtripli-

nerviis; nervis secundariis infimis valde obliquis, tertiariis venuloso-reticulatis.

Daphnogene affinis, Sap., *Ex. anal.*, p. 45.

Schistes du bois d'Asson. —Très-fréquent.

L'empreinte, fig. 5, fait connaître l'existence dans le bassin de Manosque de cette jolie Laurinée, déjà signalée à Armissan. L'échantillon que nous reproduisons est identique, par tous ses caractères, avec la fig. 9 *b*, pl. VII de la *Flore d'Armissan*. D'autres exemplaires du bois d'Asson affectent un contour plus allongé et une terminaison plus longuement acuminée. Ce sont là de simples variétés qui n'altèrent pas l'affinité visible de tous ces échantillons, puisqu'on observe des formes analogues parmi les *Oreodaphne* et les *Ocotea* du monde actuel.

DAPHNOGENE Ung.

Nous rangeons sous cette formule générique toutes les Laurinées triplinerves qui ne rentrent pas exactement dans le groupe des *Cinnamomum*.

DAPHNOGENE UNGERI Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, 92, tab. 96, fig. 9-13.
(Pl. VIII, fig. 2-4.)

D. foliis longe petiolatis, e basi obtusa sursum lanceolatis vel lanceolato-linearibus, apice longe sensimque acuminatis, triplinerviis; nervis infimis plerumque suprabasilaribus, oppositis, suboppositis v. alternis, ad axillas verrucosis, plus minusve productis, cum externis secundariis anastomosantibus, nervulis flexuosis transversis reticulatis.

Ceanothus lanceolatus? Ung., *Fl. von Sotzka*, tab. 31, fig. 13-14; O. Web., *in Palæontogr.*, 11, tab. 23, fig. 5.

Schistes du bois d'Asson. — Très-répandu.

Cette curieuse Laurinée a été jusqu'ici imparfaitement décrite et mal figurée. Il nous paraît même douteux qu'il faille l'identifier avec le *Ceanothus lanceolatus* de Unger ; quoi qu'il en soit, elle concorde avec les exemplaires de Suisse auxquels M. Heer

a imposé le nom de *Daphnogene Ungeri;* mais les figures publiées par ce savant se rapportent à des échantillons frustes et assez mal caractérisés, tandis que les nôtres ne laissent rien à désirer. Ils abondent dans les schistes de la vallée du Largue, et présentent de nombreuses variétés de formes qui ne détruisent pas l'unité de l'espèce. Les caractères en sont en effet très-saillants : le pétiole est fort long et porte une feuille toujours arrondie ou du moins obtuse inférieurement, lancéolée-linéaire, plus ou moins atténuée, ou souvent longuement acuminée au sommet. Les deux nervures secondaires les plus inférieures se prolongent plus que les suivantes; elles sont tantôt alternes, tantôt opposées, mais toujours nettement suprabasilaires; du moins, ce caractère souffre si peu d'exceptions qu'on doit le considérer comme constant. Ces deux nervures portent à leur aisselle la trace bien nette de glandes ou points verruqueux, semblables à ceux des *Oreodaphne* et en particulier de l'*O. fœtens*, auquel ces feuilles ressemblent beaucoup. Les nervures basilaires ne se prolongent pas au delà du milieu de la feuille, lors même qu'elles se terminent plus bas pour se réunir aux autres nervures secondaires qui sont alternes, et naissent sous un angle plus ou moins ouvert avant de se recourber l'une vers l'autre; le réseau veineux se compose de nervures plus flexueuses et plus irrégulièrement ramifiées que dans les vrais *Cinnamomum*, mais il accuse, aussi bien que les autres caractères, une évidente affinité avec les *Oreodaphne*. L'espèce actuelle la plus voisine nous paraît être l'*O. fœtens* de Madère et des Canaries, dont les feuilles sont cependant toujours beaucoup plus larges et obtuses au sommet. Il faut citer encore l'*O. bullata* du Cap et l'*O. californica* Nees dont les feuilles sont étroites et lancéolées. Malgré ces analogies qui permettent de regarder l'espèce fossile comme congénère des précédentes, elle en est bien distincte et constitue une forme assez éloignée de toutes celles que nous connaissons.

DAPHNOGENE (SASSAFRAS?) LOBATA. (Pl. VIII, fig. 5-6.)

D. foliis longe petiolatis, e basi obtusa sensim lanceolatis, plerumque triplinerviis, trilobatis; nervis lateralibus suprabasi-

laribus, ad axillas verrucoso-glandulosis, in lobos pergentibus vel in foliis indivisis cum secundariis aliis post intervallum anastomosantibus; lobis forma et dispositione maxime variantibus, plus minusve divaricatis, sæpius acuminatis v. elongatis, quandoque uno alterove abortivis, et tunc lobo terminali longius elongato.

Schistes du bois d'Asson. — Assez répandu.

Voici une des formes les plus curieuses de la végétation de Manosque. Il serait naturel d'y reconnaître un *Sassafras* et de la rapprocher du *Sassafras Ferretianum* Mass., si répandu dans le miocène supérieur d'Italie. Cependant, après beaucoup d'hésitation, j'ai reculé devant une assimilation générique qui n'est peut-être fondée que sur une ressemblance trompeuse. Les empreintes de Manosque, dont les figures 5 et 6 reproduisent les principales, sont trilobées comme le *Sassafras officinale* N. et le *Lindera* (*Benzoin*) *triloba*, et cependant, elles s'écartent par des caractères trop saillants de toutes les espèces connues de ces genres pour qu'il n'en soit pas tenu compte.

Leur aspect les rapproche évidemment de l'espèce précédente, et le sentiment que l'on éprouve en les examinant est qu'elles ont dû faire partie du même groupe. Le pétiole offre la même dimension, mais il est peut-être un peu plus grêle, et la base du limbe est toujours obtuse ou cunéiforme; les deux nervures latérales les plus inférieures, toujours suprabasilaires, présentent à leur aisselle la trace bien distincte de cryptes ou de glandes qui font saillie sur la face supérieure. Ces glandes, communes à un assez grand nombre de Laurinées, sont concaves, poilues, à la face inférieure, absolument pareilles à celles de l'espèce précédente ou de plusieurs *Oreodaphne*. Par ces caractères, notre *Daphnogene* semble calqué sur le type du *D. Ungeri*, et l'on serait disposé à l'y réunir, si l'on ne possédait que la partie inférieure des feuilles; celles-ci, au lieu de se terminer simplement en pointe, sont divisées le plus souvent en trois lobes, dont l'un des latéraux (fig. 6) avorte fréquemment; quelquefois même les deux latéraux disparaissent, et la feuille est alors un peu élargie et sinuée vers le point où se produisent ordinairement les lobes.

Ceux-ci, lorsqu'ils existent, sont parcourus de la base au sommet par les nervures latérales ; ces lobes varient de forme et de dimension, les latéraux étant parfois presque pareils au médian, d'autres fois réduits à l'état de lobule étroit et court, tandis que le principal se prolonge en une pointe insensiblement atténuée.

On n'observe dans les *Sassafras*, ni dans les *Lindera* actuels, aucune trace de corps glanduleux à l'aisselle des nervures inférieures. La base des feuilles est atténuée sur le pétiole, et la consistance du tissu foliacé est toujours membraneuse ; les feuilles du *Sassafras* actuel sont caduques, tandis que les feuilles fossiles paraissent avoir été persistantes et coriaces. D'un autre côté, comme en dehors de ces deux genres on ne connaît aucune Laurinée dont les feuilles soient tripartites, il faut nécessairement admettre ou qu'il a existé autrefois des Laurinées trilobées dans des genres qui n'en possèdent plus maintenant, ou que les feuilles que nous venons de décrire sont l'indice d'un type tout particulier plus ou moins voisin des *Sassafras*, comme porterait à le supposer l'incisure du limbe foliacé ; mais, dans ce dernier cas, on ne saurait définir avec précision la nature et le degré de cette parenté, qui demeure toute conjecturale. Nous avons reçu d'Italie, par l'intermédiaire de M. Seemann, un exemplaire qui nous paraît identique avec ceux que nous venons de décrire. Cet exemplaire ne saurait être confondu avec le *Sassafras Ferretianum* de Massalongo ; quant à la figure donnée sous ce nom par M. Ch. Gaudin, dans son second mémoire sur les terrains de Toscane, elle s'écarte tout à fait de l'espèce du bassin de Manosque par la forme atténuée de la base et par l'absence des glandes à l'aisselle des nervures basilaires.

CINNAMOMUM Burm.

Les *Cinnamomum* de la flore de Manosque sont les mêmes que ceux d'Armissan.

CINNAMOMUM LANCEOLATUM Heer, Vide *supra; Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 277; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. IV, p. 133.

Schistes du bois d'Asson; vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-fréquent.

Nous avons vu cette espèce reparaître uniformément dans tous les dépôts de la France méridionale, à partir de celui des gypses d'Aix. Elle donne toujours lieu aux mêmes variations de forme, et les exemplaires de Manosque n'ont rien qui les distingue de ceux d'Armissan et de la mollasse suisse.

CINNAMOMUM POLYMORPHUM Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 88, tab. 93, fig. 25-28, tab. 94, fig. 1-26; Vide *supra synonymiam; Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 278; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 134. (Pl. VIII, fig. 1.)

C. foliis petiolatis, ovato-ellipticis vel obovatis, apice breviter acuminatis, triplinerviis; nervis lateralibus suprabasilaribus, subcurvatis, plus minusve reticulato-ramosis, cum secundariis ad apicem conjunctis.

Schistes du bois d'Asson. — Fréquent.

Nous avons signalé cette espèce, une des plus répandues de l'âge tertiaire moyen, à Armissan où elle n'est pas très-commune. Elle est plus fréquente à Manosque et elle s'y montre avec les mêmes caractères qu'en Suisse et aux environs de Narbonne. Elle représente le Camphrier de l'Europe tertiaire. M. Heer a fait voir dans sa *Flore tertiaire de Suisse* que cette espèce, malgré son étroite affinité avec le *Camphora officinarum* Bauh., en différait pourtant par les divisions beaucoup plus obtuses de son périanthe et des fruits plus allongés, caractères qui suffisent pour établir une distinction spécifique.

Il a aussi constaté la présence fréquente, mais non pas constante, de points verruqueux situés à l'aisselle des nervures basilaires. Nous n'avons pas jusqu'ici retrouvé ce caractère sur nos exemplaires, dont la conservation est cependant parfaite; aucun doute ne saurait d'ailleurs s'élever touchant la concordance spécifique de toutes ces formes. Dans le but de contribuer à l'exacte connaissance d'une espèce aussi caractéristique, nous en figurons ici (pl. VIII, fig. 1) un rameau entier,

encore garni de toutes ses feuilles. On y reconnaît l'extrémité supérieure d'une ramille de forme élancée, portant des feuilles alternes et donnant naissance à deux ramuscules grêles qui se détachent successivement de la brindille mère sous un angle assez ouvert. En commençant par la base, on remarque un premier ramule qui s'étend à droite; il est long de 3 centimètres et porte vers son sommet deux feuilles dont le point d'attache est très-rapproché, mais qui sont cependant alternes. Ce ramule se termine en pointe, mais sans traces de bourgeon, à 1 ou 2 millimètres au-dessus des deux feuilles. En remontant un peu plus haut, on observe une seconde ramification qui se dirige à gauche sous le même angle que la première; elle est grêle comme celle-ci, nue et située à l'aisselle d'une feuille; un peu plus haut, vers la droite, la ramification principale supportait une autre feuille plus grande que les premières, et se prolongeait encore en donnant lieu, à ce qu'il semble, à un dernier ramule. Tout cet ensemble est très-grêle et se rapporte évidemment à l'une des ramifications d'une branche latérale qui semble avoir été étiolée. Ces feuilles remontent certainement à plus d'une année, non-seulement parce que l'une d'elles porte à son aisselle une pousse déjà ancienne, mais aussi parce que la présence d'altérations parasites en forme de taches arrondies et verruqueuses semble attester la durée déjà assez longue de leur existence.

CINNAMOMUM SPECTABILE Heer, *Fl. tert. Helv.*, II, p. 91, tab. 96, fig. 1-8; Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 279; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. IV, p. 135.

C. foliis amplis, ellipticis, triplinerviis, basi obtuse attenuatis, apice acuminatis; nervis lateralibus margine parallelis, curvatis, extrorsum plus minusve reticulato-ramosis, cum secundariis sub apice reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Plusieurs feuilles pareilles à celles que nous avons signalées auprès de Narbonne, et à celles que M. Heer a figurées dans sa *Flore*.

SANTALACEÆ.

LEPTOMERIA R. Br.

LEPTOMERIA GRACILIS Ettingsh., *Tert. Fl. von Hæring*, p. 48, tab. 12, fig. 20-21 et tab. 13, fig. 3-6. (Pl. VI, fig. 7-8.)

L. ramis ramulisque angulatis, elongatis, gracilibus, subaphyllis, rudimentis foliorum minutis, squamiformibus, obtusis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Nous figurons deux empreintes de ramules grêles, allongés, flexuo-anguleux, montrant des traces d'insertions foliacées alternes, qui nous paraissent spécifiquement identiques avec le rameau du *Leptomeria gracilis* que M. d'Ettingshausen a signalé dans la *Flore d'Hæring*, où il est associé à deux autres espèces, les *Leptomeria flexuosa* et *distans*, qui se rencontrent également dans le midi de la France ; le premier dans les gypses d'Aix, le second à Saint-Zacharie et à Saint-Jean-de-Garguier. L'attribution proposée par l'auteur allemand, quoiqu'elle ne repose que sur la ressemblance extérieure de ces ramules avec ceux des *Leptomeria*, n'en paraît pas moins très-probable, tant cette ressemblance est étroite.

PROTEACEÆ.

HAKEITES Sap.

HAKEITES MAJOR. (Pl. IX, fig. 5.)

H. foliis coriaceis, lato-linearibus, integerrimis, trinerviis; nervis lateralibus ad medium evanescentibus, parallelis, nervulis oblique reticulatis conjunctis.

Grevillea major Sap., *Ex. anal.*, p. 45.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Espèce établie sur un lambeau de feuille de texture coriace, largement linéaire, mutilée aux deux extrémités. La nervation

se compose de deux nervures longitudinales, dirigées parallèlement au bord, de chaque côté de la médiane; un réseau de veines obliques et ramifiées en linéaments angulo-flexueux occupe l'intervalle qui sépare les nervures principales. On observe une nervation très-analogue dans un grand nombre de Protéacées ; mais il semble que les exemples d'analogie les plus frappants se rencontrent dans le genre *Hakea*, parmi lesquels il faut citer particulièrement les *Hakea saligna* Knight et Salisb. et *Victoriæ* F. Müll., quoique les feuilles de ce dernier soient dentées sur les bords.

LOMATITES Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, I, p. 99; *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 252.

LOMATITES AQUENSIS Sap., *Et. sur la végét. tert.*, I, p. 100; *Ann. sc. nat.*, t. XVII, p. 253, pl. 7, fig. 15. (Pl. IX, fig. 1-4.)

L. foliis brevissime petiolatis, coriaceis, linearibus vel lanceolato-linearibus, sæpius acuminatis, remote arguteque denticulatis, nervo primario valido, cæteris sparsis, obliquis, vix perspicuis.

Grevillea Kymeana Ung., *Foss. Fl. von Kumi*, p. 33, tab. 8, fig. 16-17, 20-24, 26-27 !

Schistes du bois d'Asson; vallée de la Mort-d'Imbert. — Assez fréquent.

Les figures que nous donnons prouvent que le *Lomatites aquensis* reparaît dans la flore de Manosque avec les mêmes caractères que dans celle des gypses d'Aix ; les variations qu'il présente se réduisent toujours à des différences dans la longueur proportionnelle du limbe et qui n'altèrent pas sa physionomie. Sa texture coriace, sa roideur, la difficulté d'observer la trace des nervures, restent les mêmes, et il est bien peu d'espèces fossiles qui montrent une telle fixité. Cette fixité est du reste fort naturelle dans un type qui, comme le *Lomatites aquensis*, tendait à devenir de plus en plus isolé avant de complétement disparaître. Les couches du terrain de Manosque sont les dernières en Provence où l'on observe des traces de cette espèce ; elle n'a été signalée ni en Suisse, ni en Allemagne; mais nous en avons

rencontré des traces dans le gisement d'Oropo en Attique, et depuis, M. Unger, dans sa *Flore fossile de Coumi*, a figuré sous le nom de *Grevillea Kymeana* une série d'échantillons, dont une partie au moins se rapporte certainement à notre *Lomatites aquensis ;* nous citerons spécialement sa figure 17, tellement elle est conforme aux exemplaires de Provence. Cette assimilation pourrait paraître douteuse pour d'autres échantillons à feuilles plus larges, et dont la nervation semble plus visible, si M. Unger ne m'avait affirmé, par lettre, leur identité avec les autres. Cependant la synonymie proposée par le savant professeur pour cette espèce ne saurait être acceptée sans réserve. Le *Lomatites sinuatus*, qui se trouve à Aix à côté du *L. aquensis*, ne peut être confondu avec ce dernier, ainsi que la découverte de nouveaux exemplaires nous l'a démontré ; il en est de même du *Lomatites abbreviatus* de Camoins-les-Bains : ces espèces doivent être également distinguées du *Grevillea Jaccardi* de M. Heer. Il est vrai qu'un lien générique évident réunit toutes ces formes ; et leur affinité commune avec les *Lomatia longifolia* et *linearis* R. Br. nous ont engagé à proposer pour elles le nom de *Lomatites*, qui exprime cette ressemblance, sans rien préjuger au sujet de leur classement définitif, impossible à fixer en l'absence des organes de la fructification. M. Unger préfère la dénomination de *Grevillea*, en se fondant sur des rapprochements bien moins naturels ; en effet, ni le *Grevillea oleoides*, ni le *Hakea nitida*, ne présentent cette réunion de caractères fournis à la fois par la forme, la nervation et la consistance, qui donne aux feuilles du *Lomatites aquensis* une ressemblance si curieuse avec celles des *Lomatia* de la Nouvelle-Hollande. La question encore si obscure de la définition des Protéacées tertiaires d'Europe ne saurait être tranchée d'une manière absolue au milieu des incertitudes que leur étude fait naître à chaque instant, et l'on ne peut procéder à leur égard que par des tâtonnements et des à peu près. En tout état de cause, des assimilations vagues et provisoires doivent être préférées à des affirmations, inutiles dès qu'elles sont prématurées.

EMBOTHRIUM Forst.

EMBOTHRIUM OVATUM. (Pl. IX, fig. 8.)

E. seminum nucleo subrotundo in alam tenuiter membranaceam superne producto, ala hinc raphe marginali tenui sub apice refracta?

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

M. Heer, dans sa *Flore tertiaire*, a déjà publié, sous le nom d'*Embothrium salicinum*, des semences très-analogues à celles-ci (1), peut-être même identiques spécifiquement. Elles paraissent se rapprocher réellement de ces mêmes organes chez les *Embothrium*, quoique le raphé caractéristique qui se replie sur lui-même, au travers de l'aile finement celluleuse qui surmonte les graines de ces Protéacées, soit ici bien difficile à apercevoir, peut-être à cause de sa mince consistance. On observe des organes analogues non-seulement à Manosque et en Suisse, mais encore dans le dépôt de Coumi en Grèce où ils ont été signalés par M. Unger.

EMBOTHRIUM TENERUM. (Pl. IX, fig. 7.)

E. seminibus ellipticis, nucleo parvo in alam oblongo-ovatam apice rotundatam producto, raphe marginali tenuissimoque instructam.

Embothrium salicinum Sap., *Ex. anal.*, p. 43.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Cette seconde empreinte est plus allongée, plus régulièrement elliptique ; le nucléus est plus petit et le raphé latéral très-fin ; du reste, elle se rattache au même genre, et constitue une forme voisine des empreintes de Coumi, figurées par M. Unger dans la Flore de cette localité, surtout de la figure 21 (2). Toutes ces

(1) Voy. *Fl. tert. Helv.*, II, p. 97, tab. 97, fig. 32-32, et tab. 153, fig. 26 (exclusis folio fructuque).

(2) Unger, *Fl. von Kumi*, p. 37, tab. IX, fig. 19-22.

semences, quoique révélant la même structure, comprennent, sans doute, plusieurs espèces ; mais il faudrait une étude toute spéciale pour les définir rigoureusement.

EMBOTHRITES Ung.

EMBOTHRITES BOREALIS Ung., *Foss. Fl. von Sotzka*, p. 41, tab. 21. fig. 11-12 ; *Syll. pl. foss.*, I, p. 20, tab. 7, fig. 31 et 32 ; *Foss. Fl. von Kumi*, p. 37, tab. 9, fig. 2-3. (Pl. IX, fig. 8.)

Schistes du bois d'Asson ; Fontienne, près de Forcalquier. — Rare.

Le nom d'*Embothrites*, donné à ces semences par M. Unger, ne préjuge rien sur leur nature véritable; la cicatrice infra-apicale qui termine l'aile membraneuse qui les surmonte, les linéaments qui parcourent cette aile et viennent converger vers le point d'attache, sont autant de caractères qui devraient fournir les éléments d'une détermination précise. Cependant aucune des opinions proposées jusqu'ici ne satisfait pleinement, et l'on est bien forcé d'avouer, ou que l'on n'a pas été mis encore sur la voie d'une attribution véritable, ou que cette attribution s'applique à un genre qui n'existe plus, et dont il est bien difficile de deviner la place naturelle, tant que nous n'en connaîtrons que les semences. Il est remarquable qu'en Provence ces organes se rencontrent toujours dans les mêmes localités que les *Lomatites*.

GAMOPETALÆ.

OLEACEÆ.

FRAXINUS Tournef.

FRAXINUS JUGLANDINA. (Pl. VII, fig. 8, et pl. IX, fig. 13-16.)

F. foliis pinnatis, foliolis breviter petiolulatis, elongato-lanceolatis, utrinque acuminatis, denticulatis, basi plerumque subinæqualiter attenuatis ; nervis secundariis numerosis, curvatis, ramoso-reticulatis, nervulis flexuosis interpositis. Fructu samaroideo, compresso, pedunculato, in alam longam lineari-

ellipticam, apice obtusatam, longitudinaliter venulosam, expanso.

Fraxinus inæqualis Sap., *Ex. anal.*, p. 43.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

La foliole figure 14, pl. IX, trouvée en premier lieu, nous avait paru dénoter la présence du *Fraxinus inæqualis* Heer (1); mais la découverte de plusieurs autres folioles (fig. 13, 15, pl. IX, et fig. 6, pl. VII), et surtout de celle que représente la figure 13 nous a démontré l'existence d'une espèce nouvelle accompagnée de son fruit (fig. 16, grossie en *a*), circonstance heureuse qui permet d'en préciser les vrais caractères. Ces folioles varient de forme et de dimension, ce qui est naturel, puisqu'il s'agit des organes détachés d'une feuille pinnée. Cependant leur forme est généralement oblongue, quelquefois très-longuement atténuée aux deux extrémités. Le sommet est acuminé, la base un peu inégale dans les folioles latérales, surtout dans les plus petites qui étaient en même temps les plus inférieures; les dentelures sont fines, égales, plus ou moins prononcées; elles sont difficiles à apercevoir sur l'empreinte figure 6, pl. VII; ces folioles s'éloignent du reste de celles des Frênes européens, et se rapprochent au contraire de celles des espèces d'Amérique; elles rappellent surtout les *Fraxinus caroliniana* Desf. et *juglandifolia* Lamk. Le fruit est petit, pédonculé, elliptique–oblong ou presque linéaire, obtus et arrondi au sommet, qui ne paraît pas émarginé. On distingue facilement les nervures qui parcourent longitudinalement sa surface. La loge du fruit est petite proportionnellement, et indiquée sur l'empreinte par une coloration plus intense. Ce fruit ressemble à ceux du *Fraxinus oxyphylla*, mais ses dimensions sont plus faibles et sa forme plus linéaire.

Parmi les fossiles, on pourrait le comparer au fruit du *F. primigenia* Ung. (2), de Radoboj; ce dernier cependant est terminé par une aile élargie, et d'ailleurs ses folioles sont entières sur les bords.

(1) Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 23, tab. 104, fig. 16.

(2) Unger, *Syll. pl. foss.*, p. 22, tab. 8, fig. 1-8.

FRAXINUS ULMIFOLIA. (Pl. IX, fig. 17-19.)

F. foliis pinnatis, foliolis breviter petiolatis, ovato-lanceolatis, superne obliquis tenuiter acuminatis, argute serratis, basi obtuse sinuatis, plerumque valde inæqualibus; nervis secundariis curvatis, ramoso-reticulatis, tertiariis transversis in rete subtilissimo flexuosis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

Les folioles de cette seconde espèce sont bien distinctes des précédentes par leur forme lancéolée-ovale, dont le sommet paraît se terminer par une pointe beaucoup plus longue; les dents sont bien plus aiguës, et l'inégalité de la base est plus fortement prononcée dans les folioles latérales, surtout dans les inférieures, un des côtés étant tronqué en coin et l'autre obtus et sinué. Le pétiole existe, mais il est très-court: la nervation, très-fine, se compose de nervures secondaires bien moins nombreuses, disposées sans ordre, naissant sous un angle assez ouvert ou tout à fait aigu, rameuses dès la base, et reliées entre elles par de fines anastomoses. Les veines tertiaires composent un réseau délié, que la figure 17 reproduit très-exactement. Cette espèce dont le fruit n'est pas connu se rapproche du *F. Ornus* L. par la forme et la dimension de ses folioles et l'inégal développement de leur base; mais les dentelures de l'espèce actuelle sont obtuses, tandis que celles des folioles fossiles sont très-aiguës. On doit regarder le *F. inæqualis* de Heer comme très-voisin de celui-ci; cependant nous n'osons les confondre, parce que les folioles de l'espèce de Suisse, quoique tronquées et inégales à leur base comme les nôtres, sont plus grandes et plus allongées.

EBENACEÆ.

DIOSPYROS L.

DIOSPYROS VARIANS Sap., *Et. sur la végét. tert.*, II, p. 107; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. III, p. 3, pl. 4, fig. 14 et pl. 6, fig. 4. (Pl. X, fig. 7-8.)

D. foliis breviter petiolatis, petiolo transversim rugoso, co-

riaceis, ovatis, lanceolatis vel ovato-lanceolatis aut etiam ellipticis, obtusis, quandoque breviter attenuatis, integerrimis; nervo primario prominente, secundariis tenuibus, numerosis, reticulatis, tertiariis in rete flexuosum subtile solutis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-fréquent.

L'espèce de *Diospyros*, que nous avons signalée dans le bassin de Marseille à Saint-Jean-de-Garguier, Fénestrelle et Allauch, reparaît ici en véritable profusion. Toutes les variétés de feuilles se rencontrent, depuis des feuilles très-étroites, lancéolées, plus ou moins atténuées au sommet, jusqu'aux formes largement ovales, terminées obtusément. Cependant les caractères essentiels, surtout ceux qui résultent du dessin de la nervation, persistent sans changement.

Nous ferons observer, à propos de cette espèce remarquable, que nous l'avions d'abord confondue avec les *Cassia phaseolites* et *Berenices*, et qu'il a fallu la réunion de toute une série d'échantillons pour nous faire découvrir notre méprise. Je ne serais nullement étonné que la même confusion eût été commise ailleurs; ainsi l'empreinte de Develier, figurée, quoique avec doute, par M. Heer comme se rapportant au *C. phaseolites* (1), nous paraît avoir la plus grande ressemblance avec le *Diospyros* de Manosque. La même analogie existe pour un exemplaire de la même localité, que le professeur de Zurich a réuni à son *Diospyros brachysepala* (2).

MYRSINEÆ.

MYRSINE L.

MYRSINE CELASTROIDES Ettingsh., *Foss. Fl. von Hæring*, p. 60, tab. 21, fig. 3; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 16, tab. 103, fig. 4; Saporta, *Et. sur la végét. tert.*, II, p. 105 et 285; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. III, p. 109, pl. 5, fig. 11, t. IV, p. 141. (Pl. IX, fig. 11.)

M. foliis coriaceis, subsessilibus, punctulatis, obovatis vel

(1) Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 119, tab. 138, fig. 2.
(2) Id., *ibid.*, tab., 102, fig. 4-6.

ovato-lanceolatis, basi attenuatis, denticulatis, denticulis minutis; nervis oblique ramoso-reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

La feuille représentée planche IX, fig. 11, est conforme aux exemplaires de Fénestrelle que nous avons décrits précédemment ; elle se rencontre très-rarement dans le bassin de Manosque, et elle reproduit le type du *Myrsine africana* L.

MYRSINE RADOBOJANA Ung., *Syll. pl. foss.*, III, p. 19, tab. 7, fig. 1-2. (Pl. IX, fig. 9-10.)

M. foliis minutis, coriaceis, breviter petiolatis, ovato-rhomboideis, basi obtuse cuneatis, margine argute serratis, nervis secundariis obliquis, flexuosis, reticulatis.

Myrsine cuneata Sap., *Ex. anal.*, p. 46.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Il existe plusieurs exemplaires de cette jolie espèce, facile à distinguer de la précédente et certainement identique avec celle de Radoboj que M. Unger a publiée dans la dernière partie de son *Sylloge*. Elle est caractérisée par la présence d'un court pétiole et affecte une forme subrhomboïdale, atténuée en coin obtus à la base. Le bord supérieur est accompagné de dents fines et aiguës. Cette espèce se rattache au type du *Myrsine africana ;* mais on doit surtout la comparer au *Myrsine Bottentis* DC., rapporté de l'Yémen par M. P. E. Botta.

MYRSINE MINUTA. (Pl. IX, fig. 12.)

M. foliis minutissimis, coriaceis, punctulatis, breviter petiolatis, obovato-rotundatis, apice subemarginatis, tenuiter sparsim denticulatis; nervis secundariis reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Nous croyons reconnaître une troisième espèce de *Myrsine* dans une très-petite feuille arrondie, légèrement échancrée au sommet, denticulée sur les bords et distinctement ponctuée à la surface. C'est peut-être une forme accidentelle du *Myrsine rado-*

bojana; les caractères différentiels sont très-marqués, mais on ne peut décider d'après un seul échantillon s'ils sont constants. Cette espèce peut être comparée aux *M. retusa* et *ciliata*.

ERICACEÆ.

ANDROMEDA L.

ANDROMEDA (LEUCOTHOE) LATIOR Sap., *Et. sur la végét. tert.*, II, p. 293, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 149, pl. 8, fig. 5. (Pl. X, fig. 5-6.)

A. foliis longe petiolatis, coriaceis, lanceolatis, basi at tenuatis, integerrimis; nervo primario prominente, secundariis immersis, tenuiter reticulatis, vix conspicuis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

Nous avons signalé cette espèce dans la *Flore d'Armissan*; elle reparaît dans celle de Manosque avec des caractères assez fixes pour permettre de la reconnaître, quoique la détermination des espèces du groupe du *Leucothoe* soit bien difficile, à l'aide des feuilles seulement. On peut juger de la valeur de notre appréciation en comparant les exemplaires des deux localités à l'aide de nos figures. Ces feuilles fossiles ressemblent d'une manière frappante aux feuilles les plus larges de l'*Andromeda* (*Leucothoe*) *salicifolia*, originaire de l'île Maurice.

ANDROMEDA (LEUCOTHOE) MANUESCENSIS. (Pl. X, fig. 1-3, et pl. XI, fig. 6.)

A foliis basi obtusis coriaceis, petiolatis, elongato lanceolatis, ad apicem sensim tenuiter acuminatis, integerrimis; nervo primario prominente, secundariis tenuissime curvato-areolatis, venulis flexuosis reticulatis vix conspicuis.

Ficus linearis Sap., *Ex. anal.*, p. 45.

Schistes du bois d'Asson. — Fréquent.

Il nous a été difficile de définir le vrai caractère de ces feuilles à cause de leur réseau veineux très-peu saillant et presque invisible. Elles abondent dans les couches de la vallée de Largue, ce qui nous a permis d'en recueillir une nombreuse série et de re-

connaître que, malgré de nombreuses variations, elles se rapportent en réalité à une seule espèce dont il est possible de saisir l'ensemble de la physionomie. Les figures 1 à 3 de la planche X représentent les formes principales et les exemplaires les plus intacts. La figure 2 avait été d'abord rapportée au genre *Ficus*, à cause de son apparente analogie avec les *Ficus laurifolia* Lam. et *salicifolia* Vahl.; mais à la suite de nos recherches sur les *Andromeda* du bassin de Narbonne, dont nous avons publié les fruits, nous pûmes nous convaincre que cette espèce et celles qui lui sont associées dans le dépôt de Manosque appartenaient au groupe des Éricinées. Les feuilles sont assez longuement pétiolées; elles sont obtuses ou même arrondies à la base, parfois un peu inégale et presque toujours marginée. Leur forme générale est oblongue, lancéolée, terminée supérieurement par une pointe insensiblement acuminée; les bords sont parfaitement entiers, la nervure médiane nettement prononcée; les latérales sont fines, nombreuses, très-peu saillantes, partant à angle obtus, recourbées et disposées en aréoles qui se distinguent à peine du réseau veineux à ramifications flexueuses, très-déliées, qui occupe le champ du limbe et dont les détails sont très-peu visibles. Cette espèce remarquable semble intermédiaire entre l'*Andromeda neriiformis* (1) Sap., de Fénestrelle, et l'*A. megalophylla* Sap. (2), d'Armissan. Bien plus grande et plus largement linéaire que la première, elle est plus petite que la seconde; en réalité, ces trois formes ne sont peut-être que des variétés du même type; mais comme les espèces de Fénestrelle et d'Armissan ont été fondées sur des échantillons uniques, il vaut mieux décrire séparément les empreintes du bassin de Manosque, d'autant plus que celles-ci conservent entre elles un air de parenté qui est à nos yeux l'indice de l'identité spécifique, mais qu'on n'observe plus au même degré quand on les rapproche des spécimens provenant des deux autres localités.

(1) Voy. *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 111; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. III, p. 115, pl. 4, fig. 16.

(2) *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 293; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 149, pl. 8, fig. 4.

Cette espèce ressemble au *Leucothoe multiflora* DC. et à un *Leucothoe* de la province de Goyaz au Brésil (coll. Gardner, n° 3876).

ANDROMEDA (LEUCOTHOE) EROSA. (Pl. X, fig. 4.)

A. foliis coriaceis, elongato-lanceolatis, integerrimis, in petiolum longum attenuatis; nervo primario prominente, secundariis numerosis, areolatis, nervulis in rete venoso tenuissimo dispositis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Feuilles distinctes des précédentes en ce qu'elles sont longuement atténuées à leur base. Les nervures secondaires sont aussi plus multipliées et disposées en un réseau plus fin. C'est une forme voisine de l'*A. narbonensis* (1) Sap.; mais que le limbe plus allongé et la base plus étroite empêchent de confondre. L'annexion au groupe des *Andromeda* est justifié par les bords du limbe qui sont sujets aux déformations naturelles que l'on observe fréquemment chez les *Leucothoe* vivants.

DYALYPETALÆ.

AMPELIDEÆ.

CISSUS L.

CISSUS LACERATA. (Pl. XI, fig. 7.)

C. foliis deltoideis, obtusis, margine parce dentatis; nervis secundariis oppositis, parallelis, inferioribus ramosis.

Vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-rare.

Fragment de feuille mutilé inférieurement qui dénote l'existence d'un *Cissus* analogue au *Cissus adnata* Wall.

(1) *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 286; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 142, pl. 8, fig. 1.

CORNEÆ.

CORNUS L.

CORNUS ORBIFERA Heer., *Fl. tert. Helv.*, III, p. 27, tab. 105, fig. 15-17. (Pl. XIII, fig. 3.)

C. foliis ovatis, basi apiceque sæpius emarginato-rotundatis; nervis secundariis utrinque 6-7 parallelis, suboppositis, valde curvatis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

M. Heer a décrit et figuré cette espèce dans sa *Flore tertiaire de Suisse;* elle se rencontre dans l'étage inférieur de la mollasse suisse, au Monod, à Ériz, etc. L'empreinte que nous reproduisons doit lui être réunie à ce que nous croyons. Ce *Cornus* ressemble, par ses feuilles les plus obtuses, au *Cornus florida* L.

NYMPHÆACEÆ.

NYMPHÆA Neck.

NYMPHÆA CALOPHYLLA Sap., *Ex. anal.*, p. 46. (Pl. XI, fig. 1-3.)

N. foliis amplis (diam. 25-30 centim. in utroque sensu), orbiculatis, basi profunde fissa auriculatis, lobis obtusiusculis, minime divergentibus, margine tenuiter arguteque denticulatis; nervo medio oblique penninervio, nervis e limbo medio radiantibus, gracilibus utrinque 15-16, pluries apice dichotomo-ramosis; lacunis petiolaribus majusculis 6-12, cum plurimis aliis minutis in ambitu alternis; pulvinis latis, subprominentibus, petiolorum lapsorum insertione discoidea, lacunarumque signis superne notatis, infra radicellarum plurimarum cicatricibus instructis.

Vallée de la Mort-d'Imbert; schistes du bois d'Asson. — Fréquent dans une assise calcaire de la première localité; rare dans la seconde.

Les feuilles de cette Nymphéacée nous sont connues par de très-beaux échantillons. La planche XI représente, sous des propor-

tions réduites de moitié, deux fragments considérables; mais il en existe encore d'autres dans notre collection. Elles mesuraient de 25 à 30 et jusqu'à 35 centimètres dans tous les sens, ce qui permet de leur attribuer une forme orbiculaire; cependant l'insertion du pétiole ne correspondait pas exactement à la partie centrale, et la moitié supérieure du limbe, comme on peut le voir par la figure 2, était plus développée que l'inférieure, dont les auricules obtuses se prolongeaient un peu, ainsi que le montre la figure 1. Cette proportion est le contraire de celle qui existe dans la plupart des *Nymphæa* de la section *Cyanea*, tels que les *N. stellata* Willd. et *cærulea* Sav. Elle se retrouve au contraire, plus ou moins prononcée, dans les espèces de la section *Lotus*, et nous avons pu spécialement en vérifier l'existence dans les *Nymphæa rubra* Roxb. et *dentata* Thon. et Schum. Cependant, d'autres espèces qui paraissent faire partie des *Cyanea*, comme les *Nymphæa gigantea* Hook. (N. Hollande) et *scutifolia* DC. (Afr. austr.) ressemblent par ce caractère à la section *Lotus*, dont ils affectent aussi le mode de dentelure caractéristique. Il est difficile de s'assurer si les feuilles fossiles étaient fendues-auriculées jusqu'au centre ou subpeltées comme le sont en général les espèces du groupe *Lotus*; pourtant, nous penchons à croire, d'après une très-grande empreinte bien conservée, que la partie centrale du limbe était divisée jusqu'à la naissance du pétiole. Les dentelures ne sont visibles que sur un seul échantillon (fig. 2), et encore elles ne se laissent entrevoir qu'avec trop peu de netteté pour que leur existence, quoique probable, puisse être affirmée avec certitude. En tous cas, elles seraient fines, aiguës et séparées par des sinuosités peu profondes.

La nervation présente des caractères très-nets; elle comprend une nervure médiane partant de l'insertion du pétiole pour aboutir à l'extrémité supérieure du limbe; cette nervure, plus fortement prononcée que les autres, donne naissance de chaque côté à cinq ou six rameaux obliques qui s'étendent dans le même sens que les autres nervures principales. Celles-ci, multipliées, fines, grêles, rayonnent au nombre de trente environ

du sommet du pétiole; elles sont plus rapprochées que dans aucun autre *Nymphœa* connu, et parcourent, avant de se ramifier, une distance de 6 à 8 centimètres. Les ramifications, divisées par dichotomie, forment des branches peu écartées qui se ramifient elles-mêmes une ou deux fois avant d'atteindre le bord. Les branches des divers ordres sont parfois reliées entre elles par des veinules obliques; mais ces veinules sont peu prononcées et ne fournissent que de rares anastomoses, au lieu de former un réseau marginal, comme dans la plupart des *Nymphea* actuels. Sauf le bord denté et les dimensions plus fortes, cette espèce se rapproche bien plus du *N. gypsorum* Sap., espèce des gypses d'Aix, que des espèces actuelles de la section *Lotus*, avec laquelle il est naturel de la comparer. Cependant les feuilles du *N. gypsorum*, que nous représenterons plus tard, affectent une forme plus arrondie et ne sauraient être confondues avec celles de Manosque. Parmi les *Lotus*, c'est avec le *N. dentata* Thon. et Schum., espèce de l'Afrique tropicale, que le *N. calophylla* montre le plus d'affinité; mais cette affinité est encore assez éloignée.

L'étude des fragments de rhizome, ni des coussinets avec l'empreinte discoïde de la base des pétioles, qui se rencontrent en abondance dans les mêmes couches que les feuilles, n'apprend rien de plus sur la nature véritable de ce *Nymphœa* tertiaire. Les rhizomes étaient de grande dimension, les coussinets, dont la figure 3, pl. XI, reproduit un spécimen, ressemblent à ceux du *N. gypsorum*, mais ils sont plus grands, plus élargis, en forme de mamelon légèrement saillant; le disque correspondant à l'insertion pétiolaire est généralement un peu plus grand, caractère en rapport avec la dimension plus considérable du limbe foliacé. Les cicatrices des canaux aériens sont disposées dans le même ordre, c'est-à-dire que l'on en compte de quatre à six plus grandes, flanquées de six autres un peu plus petites et accompagnées d'une rangée circulaire de cicatricules, les unes arrondies, les autres oblongues, entremêlées, ou disposées circulairement autour des premières. Il est donc probable que les deux espèces appartenaient à la même section; cette section s'écartait de celle

des *Cyanea* aussi bien que des *Castalia* dont notre *Nymphœa alba* fait partie; elle se rapprochait davantage des *Lotus*, mais on ne saurait dire qu'elle se confondît avec ceux-ci; peut-être possédons-nous dans ces *Nymphœa* tertiaires les éléments d'une section distincte de celles qui partagent aujourd'hui ce beau genre et qui aurait disparu du sol de l'Europe.

ANOECTOMERIA Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, III, p. 121 et 305; *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. III, p. 125, et t. IV, p. 163.

ANŒCTOMERIA BRONGNIARTII Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 306; *Ann. sc. nat.*. 5e série, t. IV, p. 162, pl. 10.

A. ductibus aeriis primariis in petiolo 4, duobus inferioribus maximis, superioribus multo minoribus, minutis, præterea aliis alternis in orbemque dispositis.

Nymphœites Brongniartii Casp., *Ann. sc. nat.* 4e série, t. VI, pl. 13; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 195, tab. 155, fig. 20.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Empreinte de coussinet présentant la disposition des lacunes pétiolaires, très-nettement caractéristiques, du genre *Anœctomeria* et ne différant pas des exemplaires recueillis à Fénestrelle et à Armissan; elle suffit donc pour attester la présence de l'*A. Brongniartii* dans les eaux lacustres du bassin de Manosque, où il était associé au *N. calophylla*; mais il occupait à côté de celui-ci une place bien secondaire, tandis que la même espèce dominait exclusivement dans les eaux du bassin de Narbonne.

M. Heer en a observé des traces auprès de Lausanne vers la base de la mollasse suisse, mais plus tard on ne retrouve plus de vestiges de ce genre curieux de Nymphéacées.

BUTTNERIACEÆ.

PTEROSPERMITES Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 36.

PTEROSPERMITES VAGANS Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 36, tab. 109, fig. 1-5. (Pl. XIII, fig. 4.)

P. seminum nucleo transverso, oblongo subarcuato, ala sub-

coriacea vel membranacea superne elongata cincto, ala raphe lineari medio percursa.

Schistes du bois d'Asson. — Fréquent.

M. Heer a signalé sous le nom générique de *Pterospermites* des semences ailées comprenant un nucléus légèrement recourbé, entouré d'une sorte d'aile membraneuse ou subcoriace, prolongée en un appendice plus ou moins aigu parcouru par un raphé. Le savant professeur de Zurich a rapproché ces graines, qui sont fréquentes dans les divers dépôts de la mollasse suisse, des semences de certaines Buttnériacées et en particulier de celles des *Pterospermum* dont le nucléus ne présente pas cependant la courbure caractéristique qui distingue celui des empreintes fossiles. Cette même espèce n'est pas rare dans les couches de Manosque ; et plusieurs des exemplaires que nous y avons recueillis sont remarquables par leur belle conservation.

On y observe très-bien la nature ferme de l'appendice ailé et le raphé linéaire qui le parcourt dans toute sa longueur pour aller aboutir à la cicatrice située vers l'extrémité obtuse du prolongement. Le temps et l'occasion nous ont manqué pour comparer ces semences fossiles à celles du groupe de Buttnériacées que M. Heer indique comme plus particulièrement voisines de celles-ci.

ACERINEÆ.

ACER Mœnch.

ACER TRILOBATUM Al. Br., Ung., *Chl. prot.*, p. 130, tab. 41, fig. 1-8; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 47, tab. 110, fig. 16-21, tab. 111, fig. 1-2, 5-14, 18-21, tab. 112, fig. 1-8, et 11-16, tab. 113, 114, 115, et 116, fig. 1-3 ; Unger, *Foss. Fl. von Kumi*, p. 49, tab. 12, fig. 28-30.

A. foliis longe petiolatis, palmato-trinerviis, quandoque subquinquenerviis, plerumque trilobatis, lobis inciso-dentatis, polymorphis, lobo medio plus minusve elongato ; fructu alato,

ala latiuscula, nervosa, latere suturali vix ad basin situata et subconstricta.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

L'*Acer trilobatum* est l'espèce la plus fréquente de la flore d'Œningen ; elle a été décrite en premier lieu par M. Al. Braun, qui s'attachant aux nombreuses variétés qu'elle renferme l'avait partagée en plusieurs espèces, que M. Heer, avec raison, a depuis réunies sous une dénomination commune. Cependant les *Acer patens*, *tricuspidatum* et *productum* Al. Braun, subsistent comme des formes d'un type en réalité très-polymorphe. On ne saurait douter de l'identité des exemplaires de Manosque, qui sont nombreux et en bel état, avec ceux de la mollasse suisse ; cependant les feuilles recueillies en Provence n'atteignent jamais les dimensions de celles d'Œningen. Elles sont généralement plus petites, et se rattachent évidemment aux variétés *productum* (*A. productum* Al. Br.) et *tricuspidatum* de Heer, surtout à la première. Les figures 8 et 9 (pl. 114) et 2-5 (pl. 115) de la *Flore tertiaire de Suisse* sont celles qui concordent le mieux avec les nôtres. Il faut remarquer que ces figures se rapportent en majorité à des exemplaires du Locle ou de Hohe-Rhonen, dépôts dont l'analogie avec celui de Manosque ressort sous plus d'un point. Les fruits de notre localité, dont nous possédons plusieurs exemplaires, participent au caractère des feuilles ; ils sont beaucoup plus petits que ceux de Suisse et surtout que ceux d'Œningen. M. Unger, dans sa *Flore fossile de Coumi*, a représenté deux feuilles et un fruit de l'*Acer trilobatum*, qui affectent en tout la forme et la dimension de ceux de Provence. C'est une analogie de plus à signaler entre la localité grecque et celle du midi de la France.

ACER RECOGNITUM Sap., *Ex. anal.*, p. 46. (Pl. XIII, fig. 7.)

A. foliis palmato-quinquenerviis, quinquelobis, lobis mediis subæqualibus, dentato-lobulatis, duobus externis patentibus obtusis, integris.

Vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-rare.

Feuille unique, mutilée sur un côté, mais facile à compléter; elle se rattache évidemment au groupe de l'*Acer opulifolium* Willd., dont elle diffère surtout par le lobe inférieur qui paraît entier. Il existe justement, à côté de l'espèce européenne, une série de formes ou sous-espèces qui présentent la même particularité. Il faut citer particulièrement la variété *granatense* Boiss. et l'*Acer Reginæ Ameliæ* Orphan. et Boiss., qui se rapprochent également du nôtre par la dimension réduite des feuilles et le contour général, quoique les lobes inférieurs soient bien moins développés que dans l'espèce fossile. Malgré cette étroite analogie, l'*Acer tauricolum* Boiss. constitue une espèce encore plus voisine par le mode de découpure et la direction des lobes latéraux, ainsi que par la faible extension du lobe médian qui dépasse à peine les autres. Dans ces espèces, les lobes inférieurs sont tantôt entiers, tantôt dentés ou sinués; mais ils sont plus ou moins acuminés au sommet, tandis que ceux de l'*Acer recognitum* sont obtus et parfaitement entiers. Nous n'avons pas retrouvé cette espèce dans les schistes du bois d'Asson.

ACER TENUILOBATUM Sap., *Ex. anal.*, p. 46. (Pl. XIII, fig. 6.)

A. foliis late ovatis, basi rotundatis, subcordato-emarginatis, sursum acuminatis ?, palmato-trinerviis trilobatisque, lobis lateralibus vix divaricatis, apice tenuiter apiculatis, marginibus simpliciter inciso-crenatis, crenulis breviter acuminatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Cette espèce est très-rare, et les fruits en sont encore inconnus ou confondus avec ceux des autres Érables de la même localité. L'empreinte reproduite par la figure 6 (pl. XIII) montre une feuille largement ovale, presque arrondie et un peu échancrée en cœur à la base. Le pétiole manque, ainsi que la terminaison supérieure; mais on aperçoit distinctement sur le côté un lobe étroit, apiculé, peu divergent, dont la pointe seule se détache du limbe. Le bord est incisé, à dents simples, égales, terminées par une pointe aiguë, mais peu allongée. Les

nervures principales sont au nombre de trois seulement; les latérales, peu divergentes, émettent vers l'extérieur des ramifications qui aboutissent aux dentelures du bord; il en est de même des nervures secondaires, qui sont inégalement opposées et peu nombreuses. Les deux côtés de la même empreinte existent, et permettent de reconstituer les deux faces de la feuille; mais la difficulté que l'on éprouve à distinguer le réseau veineux semble faire supposer qu'elle était légèrement pubescente. Cette feuille par sa forme, aussi bien que par la disposition de ses lobes et de ses dentelures, se rapproche évidemment de celles des *Acer striatum* Mich. et *spicatum* Lam. Elle diffère du premier par ses dentelures simples; mais, quoique bien plus voisine du second par ce dernier caractère, elle s'en écarte par les nervures principales réduites à trois seulement.

Parmi les fossiles, l'*Acer vitifolium* Al. Br. est le seul qui ait été rapporté à la même section; mais il diffère complétement de l'espèce que nous venons de décrire.

ACER ANGUSTILOBUM Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 57, t. 117, fig. 25 *a*, et tab. 118, fig. 1-9.

A. foliis longe petiolatis, trilobis vel subquinquelobis, lobis elongatis, anguste lanceolatis, acutis, inciso-dentatis, lateralibus plus minusve patentibus; alis fructuum divaricatis, medio dilatatis, basi ad nuculam constrictis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez fréquent.

Cet *Acer* est un des plus répandus de la mollasse suisse; il a été parfaitement décrit par M. Heer qui le regarde comme très-voisin de l'*Acer monspessulanum* L., dont il diffère par des lobes allongés, aigus au sommet et incisés sur les bords. Les feuilles et surtout les fruits de cette espèce ne sont pas rares dans les schistes de la vallée du Largue.

ACER GRACILE. (Pl. XIII, fig. 5.)

A. foliis parvulis, subcoriaceis, tenuiter petiolatis, palmato-quinquenerviis, acute inciso-lobatis, lobis erectis, vix paten-

tibus, grosse dentatis, inferioribus parum discretis medio productiore angusto, acuminato.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

La notion que nous avons de cette espèce se réduit à celle d'une seule empreinte de feuille, remarquable par plusieurs caractères. Elle est petite, puisque la longueur du limbe est seulement de 4 centimètres et demi. Le pétiole est grêle, puisqu'il atteint à peine 2 centimètres et demi; cinq nervures partent de son sommet; mais elles sont peu divergentes, et se distribuent dans les lobes et les incisures qui partagent le limbe. On distingue vers le côté supérieur trois lobes étroits, dentés et acuminés, dont le médian se prolonge bien plus que les latéraux, et se termine par une pointe déliée. Les lobes inférieurs ne présentent que des incisures peu prononcées et pointues. La texture ferme du tissu, la forme étroite du limbe, les lobes peu détachés de l'ensemble, le contour anguleux des incisures et la présence de cinq nervures principales, malgré la faible étendue des lobes, distinguent cette feuille de tous les Érables fossiles qui nous sont connus. Elle se rattache, à ce qu'il semble, au groupe de l'*Acer polymorphum* Sieb. et Zucc., et par conséquent à l'*A. Ruminianum* (1), que M. Heer range dans la même section. Il est vrai que dans ces espèces les lobes sont étroits et profondément divisés, et qu'ils sont divergents et réduits à trois seulement dans l'espèce de Suisse; mais la plante du Japon, comme son nom l'indique, est très-polymorphe, et si l'on considère chez elle les formes des lobes, leur soudure dans une partie de leur étendue, et telle que nous l'observons dans l'*Acer septemlobum* Thnbg., on obtient des feuilles dont l'analogie avec l'empreinte fossile de Manosque ne saurait échapper. Aussi nous regardons l'*A. gracile* comme devant être rangé dans un groupe voisin de l'*A. Ruminianum*, dont les représentants actuels se rencontrent principalement au Japon.

(1) Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 59, tab. 118, fig. 11-16.

MALPIGHIACEÆ.

MALPIGHIASTRUM Ung., *Gen. et sp. pl. foss.*, p. 453.

Nous rangeons sous cette dénomination, à l'exemple de M. Unger, des feuilles coriaces, largement ovales-oblongues, entières sur les bords, qui paraissent retracer par le dessin de la nervation la physionomie de celles d'un grand nombre de Malpighiacées. Ce sont là pourtant des rapprochements bien incertains, en dehors de tout autre ordre de preuves, et surtout en l'absence des organes de la fructification. Les feuilles des Malpighiacées ne présentent pas malheureusement des caractères différentiels assez tranchés pour permettre d'asseoir une détermination un peu probable sur la considération de ces organes seulement.

MALPIGHIASTRUM LARGUENSE. (Pl. XIII, fig. 2.)

M. foliis coriaceis, breviter petiolatis, lanceolatis, acuminatis, integerrimis, penninerviis ; nervo primario prominente, secundariis numerosis, sparsis, curvatis, secus marginem areolatis, tertiariis flexuosis, reticulato-ramosis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

L'empreinte est fort belle, et présente les deux côtés d'une feuille grande, lancéolée, coriace, entière sur les bords. Le pétiole est court, le sommet du limbe prolongé en pointe, les nervures secondaires nombreuses, disposées sans ordre et réunies l'une à l'autre par des arceaux anguleux vers la marge. Les tertiaires sont flexueuses, coudées-anguleuses, irrégulièrement réticulées dans l'intervalle qui sépare les secondaires, mais elles sont perdues dans l'épaisseur du parenchyme, et difficilement perceptibles. L'ensemble aussi bien que les détails de cette nervation offrent une grande analogie avec ce qui existe chez beaucoup de Malpighiacées des genres *Heteropteris* (*H. megaptera* A. Juss.) et *Byrsonima*.

MALPIGHIASTRUM PROCRUSTÆ? Ung., *Syll.*, I, p. 30, tab. 13, fig. 4-7.
(Pl. XIII, fig. 1.)

M. foliis lato-oblongis, subcoriaceis, integerrimis, apice obtusatis, 5-6 pollicaribus, penninerviis; nervis secundariis, sparsis, curvatis, tertiariis flexuosis, reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Fréquent.

Nous réunissons à cette espèce de Radoboj, quoique avec un certain doute, une empreinte découverte à Manosque et qui représente une feuille oblongue-elliptique, entière, pourvue de nervures secondaires plus espacées que dans l'espèce précédente, fines et recourbées-ascendantes le long des bords. Les nervures tertiaires sont flexueuses, ramifiées en divers sens, et composent un réseau irrégulier très-analogue à celui des feuilles de Malpighiacées. Si cette espèce n'est pas identique avec celle de Radoboj, dont M. Unger a figuré plusieurs exemplaires dans son *Sylloge*, elle en est au moins très-voisine, et se range comme elle très-naturellement parmi les Malpighiacées.

RHAMNEÆ.

BERCHEMIA Neck.

BERCHEMIA MULTINERVIS Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 77, tab. 123, fig. 9-18.
(Pl. XII, fig. 2-3.)

B. foliis petiolatis, ovatis, ovato-ellipticis vel subrotundatis, integerrimis, penninerviis; nervis secundariis utrinque 7-11 suboppositis, parallelis, curvatis, tertiariis transversis creberrimis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Les exemplaires de la vallée du Largue sont exactement conformes à ceux que M. Heer a figurés dans sa Flore, et qui se rencontrent si abondamment dans les divers étages de la mollasse suisse.

RHAMNUS L.

RHAMNUS GAUDINI Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 79, tab. 124, fig. 4-15, et tab. 125, fig. 1, 7, 13. (Pl. XII, fig. 4.)

R. foliis petiolatis, ellipticis, undique serrulatis, nervis secundariis parallelis, curvatis, secus marginem conjuncto-areolatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Une seule feuille présentant les mêmes caractères de forme et de nervation que celles de Suisse. Les feuilles de cette espèce dominent dans le dépôt du Monod ; elles sont généralement plus grandes et plus larges, tout en donnant lieu à d'innombrables variétés. M. Heer les compare au *Rhamnus grandifolius* Fisch. et Meyer de la région du Caucase ; elles rappellent aussi notre *R. Frangula*.

RHAMNUS SUBDENTATUS.

R. foliis ovato-lanceolatis, obscure denticulatis ; nervis secundariis utrinque 7-8 suboppositis, curvatis, nervulis tenuissime transversimque reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Feuille de texture subcoriace à denticules espacés, obtuses, à peine saillantes, et dont la nervation révèle une Rhamnée assez analogue aux plus petites feuilles du *R. Frangula* L.

RHAMNUS NOTATUS. (Pl. XI, fig. 5.)

R. foliis coriaceis, brevissime petiolatis, ovato-subrotundis, apice margineque sinuatis v. subdentatis; nervis secundariis utrinque 6-7 tenuibus, curvatis, nervulis transversis oblique decurrentibus reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Assez rare.

Cette espèce est évidemment voisine du *R. brevifolius*, que M. Heer a figuré dans sa *Flore tertiaire de Suisse*, et que M. Unger a depuis signalé à Coumi. Cependant les feuilles de ce

Rhamnus ont le bord entier, tandis que le nôtre les a obscurément mais manifestement sinués-dentées. Il paraît très-analogue au *R. lucidus*, de l'île Maurice, par le contour extérieur, l'aspect et la consistance du limbe foliacé.

JUGLANDEÆ.

JUGLANS L.

JUGLANS MELÆNA Ung., *Syll. pl. foss.*, I, p. 38, tab. 19, fig. 8-10. (Pl. XII, fig. 7-8.)

J. foliolis membranaceis, ovatis, breviter acuminatis, serrulatis; nervis secundariis tenuibus, sparsis, basi obtusis, secus marginem curvato-reticulatis, venulis transversis sub angulo recto decurrentibus reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Les folioles reproduites planche XII, fig. 7 et 8, nous paraissent devoir être réunies au *Juglans melæna* Ung.; comme celui-ci, elles montrent beaucoup de ressemblance avec le *Juglans nigra* L.; mais elles ont un contour plus ovale et une terminaison plus obtuse. Cependant les folioles de Radoboj sont oblongues, et paraissent avoir, au moins d'après les figures de l'auteur, des dentelures plus fines que les nôtres. Le désir de ne pas multiplier inutilement les espèces nous engage à ne pas désigner celle-ci par un nom particulier. L'une de nos folioles qui devait être terminale montre vers la base une incisure qui correspond sans doute à une foliole imparfaite. Cet accident est fréquent dans les feuilles des jeunes sujets et sur les pousses vigoureuses des Noyers. Il tend à confirmer l'attribution générique qui ne nous paraît nullement douteuse.

ENGELHARDTIA Lesch.

ENGELHARDTIA SEROTINA Sap., *Ex. anal.*, p. 46. (Pl. XIV, fig. 1.)

E. involucris fructiferis in alam membranaceam venoso-reticulatam, tripartitam expansis, laciniis oblongis, subspathu-

latis, erectis, minime divergentibus, lobo medio lateralibus longiore et nuculam subrotundam basi foventibus.

Vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-rare.

Le genre *Engelhardtia* n'a eu qu'une existence passagère dans l'Europe tertiaire ; abondamment répandu dans le tongrien, il se montre encore dans le miocène inférieur, et disparaît ensuite; il n'a pas encore été observé dans la mollasse suisse. L'empreinte de Manosque reproduite par la figure 1, pl. XIV, provient de la vallée de la Mort-d'Imbert ; nous n'en avons pas retrouvé de pareille dans les schistes de la vallée du Largue; elle est donc très-rare. Cette espèce se distingue bien de celles d'Armissan et de Radoboj par la direction des segments de l'involucre qui, loin de diverger, sont dressés et presque connivents, soudés inférieurement, distincts dans une partie de leur étendue, mais contigus, et obtus au sommet. Une comparaison attentive avec les espèces actuelles de l'Inde montre que l'*E. serotina* se rapproche plus particulièrement de l'*E. Colebrookeana* Lindl., espèce de l'Himalaya dont les folioles sont entières et ovales. Je ne saurais rapprocher de ce fruit, et avec beaucoup de doute, que des folioles étroites, oblongues et denticulées, qui ne sont pas rares dans les couches du bois d'Asson ; mais on pourrait aussi bien les rattacher au *J. bilinica* Ung., et d'ailleurs leur station est trop éloignée de celle où nous avons recueilli le fruit pour que l'on puisse songer à les réunir à lui sur une apparence aussi légère.

ANACARDIACEÆ.

RHUS L.

RHUS JUGLANDOGENE Ettingsh., *Tert. Fl. von Hæring*, p. 80, tab. 26, fig. 24-29; Sap , *Et. sur la vég. tert.*, II, p. 348; *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. IV, p. 204, pl. 13, fig. 2.

R. foliis abrupte pinnatis, foliolis coriaceis, subsessilibus, lanceolato-oblongis, basi inæqualibus, apice acuminatis, margine sæpius argute serratis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Folioles isolées, parfaitement conformes à celles de la flore d'Armissan que nous avons décrites et figurées en détail.

RHUS INCISA. (Pl. XI, fig. 4.)

R. foliis trifoliolatis? foliolis coriaceis, lateralibus cuneatis, valde inæqualibus, acute incisis.

Schistes de la vallée de la Mort-d'Imbert. — Très-rare.

Foliole sessile, isolée, de texture coriace, petite, ovale-oblongue, inégale à la base, à bords largement incisés, et à dents pointues. Cette foliole a fait sans doute partie d'un *Rhus* à feuilles ternées, voisin du *R. oxyacanthoides* et, parmi les espèces fossiles, du *R. Pyrrhæ* Ung. (1); mais les folioles de ce dernier présentent des dents obtuses.

RHUS COLLIGENDA. (Pl. XII, fig. 1.)

R. foliis pinnatis? foliolis oblongis, obtusis, parce dentato-sinuatis; nervis secundariis sparsis, secus marginem curvato-reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Foliole isolée qui nous semble dénoter un *Rhus* à feuilles pinnées, à folioles membraneuses, voisin du *Rhus copallina* L.

ZANTHOXYLEÆ.

AILANTUS Desf.

AILANTUS OXYCARPA. (Pl. XIV, fig. 2-3.)

A. fructu samaroideo-compresso, lanceolato, medio subconstricto utrinque attenuato, sursum obtusiusculo, tenuiter reticulato, monospermo, semine obliquo, ovato, hinc funiculo brevi appenso, raphe altero marginali; — foliis pinnatim compositis,

(1) *Chl. protog.*, p. 84, tab. 22, fig. 1; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 84, tab. 126, fig. 20-28.

foliolis breviter petiolatis, e basi valde inæquali, lanceolatis, subfalcatis, breviter acuminatis, obtuse dentatis; nervis secundariis ascendentibus, secus marginem arcuatim conjunctis.

Zanthoxylon falcatum Sap., *Ét. sur la végét. tert.*, II, p. 354; *Ann. sc. nat.* 5e série, t. IV, p. 210, pl. 11, fig. 7 (quoad foliola).

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Les fruits comprimés samariformes des *Ailantus* présentent des caractères différentiels très-saillants et propres à les faire reconnaître à l'état fossile. La semence solitaire, placée dans une loge centrale, correspond à une échancrure latérale, située vers le milieu ventral par un court funicule, et un autre funicule nerviforme, partant du même point, longe la marge du même côté pour aller aboutir à l'extrême base de l'organe; un réseau de fines nervures se dessine à sa surface, et la semence elle-même affecte une forme obliquement ovale qui sert à la distinguer. Le genre *Ailantus*, particulier à certaines parties méridionales et orientales de l'ancien continent, réduit aujourd'hui à un très-petit nombre d'espèces disséminées sur de grands espaces, se trouve soumis à des conditions d'isolement et de disjonction de nature à justifier sa présence dans l'Europe tertiaire; aussi nous croyons pouvoir affirmer cette existence attestée par la découverte successive de plusieurs samares très-bien caractérisées, dénotant, à ce qu'il paraît, plusieurs espèces distinctes. M. Heer en a figuré au moins une sous le nom d'*Ailantus microsperma* (1), provenant de Hohe-Rhonen; c'est une samare qui diffère de la nôtre par des dimensions encore plus petites, une forme plus étroite et plus régulièrement lancéolée. M. Unger, dans la dernière partie de son *Sylloge*, a publié de son côté deux *Ailantus* qui paraissent bien authentiques, l'un, de Radoboj, *Ailantus Confucii*, que l'auteur compare à l'*A. glandulosa* Desf., l'autre, de Sotzka, *Ailantus gigas*, qui se rapproche évidemment de l'*A. malabarica* DC. par la forme elliptique de la samare. Il existe dans la *Flore des gypses d'Aix* un autre *Ai-*

(1) *Fl. tert. Helv.*, III, p. 87, tab. 127, fig. 35.

lanthus, représenté par des samares et des folioles qui doit être rangé auprès de l'*A. excelsa* Roxb. L'espèce de Manosque marque l'existence d'une forme différente, à ce qu'il nous paraît, des précédentes. La samare (fig. 2) est si bien conservée que son attribution ne saurait être l'objet d'un doute ; elle est beaucoup plus petite que celle de toutes ses congénères actuelles, étroitement lancéolée, mais plus atténuée et plus pointue à la base que vers le sommet qui se termine obtusément. Le point d'attache latéral de la semence est accusé par une très-légère échancrure ; il est un peu plus voisin de la partie supérieure que de la base de l'organe. La place occupée par la graine est ovale, arrondie, un peu oblique, comprimée, et se détache en saillie ; elle se rattache à l'échancrure par un court funicule qui produit un autre funicule nerviforme, longeant le bord de très-près et descendant jusqu'à la base de la samare. Un réseau compliqué de veinules déliées, reproduit par la figure 2 *a*, la couvre en entier.

Après avoir recherché longtemps, nous avons réuni à ce fruit une empreinte de foliole pareille en tout à celles que nous avons décrites sous le nom de *Zanthoxylon falcatum* dans la *Flore d'Armissan*, et qui ressemble d'une manière frappante aux folioles de l'*Ailantus malabarica* DC. qui habite l'Inde continentale et Ceylan. Les fruits de cette espèce, quatre fois plus grands que ceux de Manosque et bien plus largement elliptiques, ne manquent pas cependant d'analogie avec ces derniers.

POMACEÆ.

MESPILUS L.

Mespilus palæo-pyracantha.

M. foliis longiuscule petiolatis, elliptico-lanceolatis, breviter acuminatis, crenulatis; nervis secundariis subobliquis, ramosis, tertiariis transversim reticulato-ramosis.

Cratægus tenuifolia Sap., *Ex. anal.*, p. 52.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Cette espèce dont les feuilles ressemblent autant par les dé-

tails de leur nervation que par la forme de leur dentelure aux plus grandes du *Mespilus pyracantha* L., ainsi qu'à celles des *Mespilus crus-galli* et *prunifolia*, reparaît dans les argiles du bassin de Marseille où nous la retrouverons bientôt. Nous ne faisons que la mentionner ici; elle est rare dans les couches de Manosque.

LEGUMINOSÆ.

α *SOPHOREÆ.*

SOPHORA L.

SOPHORA EUROPÆA Ung., *Foss. Fl. von Sotzka*, p. 57, tab. 42, fig. 1-5; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 107, tab. 133, fig. 36-39. (Pl. XIV, fig. 9.)

S. foliolis ovato-rotundatis, basi inæquilateralibus, breviter petiolatis integris.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Foliole isolée semblable à celles de Sotzka et de la mollasse suisse.

VIRGILIA Lam.

VIRGILIA MACROCARPA. (Pl. XIV, fig. 4.)

V. calyce late campanulato, inæqualiter obtuse quinquedentato; leguminibus magnis, crassis, coriaceis, oblongis, marginatis marginibus apteris, sursum apiculatis, tetraspermis, intus septis transversim inter semina farctis, valvis ad maturitatem patentim dehiscentibus.

Pychnolobium tetraspermum Sap., *Ex. anal.*, p. 46. — *Campsiandra tetrasperma*, Sap., *Température temps géol.*, p. 28, in *Arch. Bibl. univ. Genève*, févr. 1867.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Les fruits des Légumineuses vivantes ou fossiles ne se classent pas toujours facilement, malgré les caractères dont ils sont en apparence revêtus. Voici un magnifique exemplaire, se rapportant certainement à cette grande famille, qui montre les valves complétement ouvertes d'un légume coriace, épais, marginé, mais non ailé, encore adhérent à un pédoncule épaissi au point d'insertion du calice, dont on retrouve les traces.

Ce légume s'ouvrait en deux valves, qui, en s'écartant l'une de l'autre dans le sens de la suture séminifère, sont cependant demeurées contiguës ; la place des semences, au nombre de quatre à cinq, est indiquée par une concavité légère, et chacune d'elles était séparée de la voisine par une fausse cloison ou crête transversale, encore distincte sur l'empreinte dont la conservation est fort belle. La physionomie tropicale de ce fruit doit le faire ranger de préférence dans une des tribus extra-européennes. On ne saurait songer, en effet, ni aux Phaséolées, dont les fruits affectent une autre forme, ni aux Dalbergiées, chez qui ils sont indéhiscents ; mais, entre les Sophorées et les Cæsalpiniées, il est permis d'hésiter, car on observe indifféremment dans ces tribus des fruits déhiscents ou indéhiscents, et ce caractère varie de genre en genre, quoiqu'il demeure constant dans les limites de chacun d'elles.

Les récurrences de forme et les diversités résultant de l'infinie modification dans la structure des parois de la feuille carpellaire sont l'apanage de la classe des Légumineuses ; c'est ce que nous avons fait ressortir précédemment, à propos d'un *Acacia* de la *Flore d'Armissan* (1). Ici la nervation, qui est nulle ou indistincte, n'est pas en cause, mais il s'agit de déterminer l'affinité probable du fruit fossile en s'attachant à la forme des valves et à leur mode de déhiscence.

Il faut observer qu'il est également possible de saisir les caractères fournis par les débris du calice, qui surmontent le pédoncule ; on voit que cet organe était largement campanulé, à cinq dents inégales, très-obtuses, peu profondément divisées. Dans les

(1) *Ét. sur la vég. tert.*, II, p. 379 ; *Ann. des sc. nat.*, 5e série, t. IV, p. 235.

Sophorées, nous observons à la fois des légumes lomentacés, moniliformes, nucamenteux, à valves indéhiscentes, comme ceux des *Sophora* proprement dits, des légumes comprimés, membraneux, comme ceux des *Cercis* et des *Calpurnia ;* mais, à côté de ces genres, nous remarquons aussi des fruits à valves épaisses, coriaces et plus ou moins déhiscentes, comme ceux des *Ormosia* et du *Virgilia capensis* Lam. — La déhiscence est incomplète dans les *Ormosia;* mais les fruits du *Virgilia* s'ouvrent entièrement à la maturité, du moins, cette circonstance résulte de l'examen d'un exemplaire que nous avons sous les yeux. L'intérieur des valves offre, dans ce genre, la plus grande ressemblance avec la partie correspondante de l'empreinte fossile. Elles sont, aussi bien que celle-ci, accompagnées d'un rebord en forme de bourrelet et surmontées d'un bec court et saillant; enfin, la structure du calice pédonculé et persistant présente aussi des deux parts une frappante conformité. Seulement, les fruits du *Virgilia capensis* paraissent fort petits, lorsqu'on les compare à celui de l'espèce de Manosque, qui est double au moins en longueur et presque triple en largeur. Les Cæsalpiniées fournissent un rapprochement, moins vraisemblable quand on va au fond des choses, mais bien fait pour attirer l'attention ; nous voulons parler du *Campsiandra angustifolia* Spr., légumineuse aux grandes folioles de l'Amérique tropicale, et dont les fruits, beaucoup plus grands que le nôtre, s'ouvrent, comme lui, en deux valves étalées sur le même plan, et présentent en outre une grande affinité d'aspect, de consistance et de structure. Cependant, le bec qui termine les valves du *Campsiandra* est latéral et un peu oblique, tandis qu'il est visiblement terminal dans l'espèce fossile, et comme celle-ci concorde parfaitement avec le genre *Virgilia* par la forme du calice, la présence, dans l'Europe miocène, du genre austro-africain nous paraît bien plus naturelle à admettre que celle d'un type brésilien à peine connu. Cette supposition se trouve d'ailleurs appuyée par la présence du *Calpurnia europæa* dont nous avons signalé les fruits et les feuilles à Armissan.

CERCIS L.

Cercis Ameliæ. (Pl. XIV, fig. 10-12.)

C. foliis membranaceis, glabris, breviter petiolatis, late ovatis, v. suborbiculatis, integerrimis, palmato-quinquenerviis; nervis lateralibus paulo suprabasilaribus, curvato-ascendentibus, extus ramosis, tertiariis flexuosis, subtilibus, transversim reticulatis; — legumine parvo, elliptico-lanceolato, breviter stipitato, oligospermo, anguste alato, nervulis oblique transversis, vix conspicuis.

Schistes du bois d'Asson. — Rare.

Il existe plusieurs *Cercis* à l'état fossile, et nous en avons décrit précédemment deux espèces parfaitement caractérisées, savoir : le *Cercis antiqua*, fréquent dans les gypses d'Aix, et le *Cercis Tournoueri* dont les feuilles abondent au milieu des calcaires concrétionnés de Brognon (Côte-d'Or). Le premier se rapproche du *Cercis canadensis;* ses feuilles ne sont jamais cordiformes, et parfois même elles sont un peu atténuées sur le pétiole ; les fruits de cette espèce sont bien plus petits (1) que ceux de nos *Cercis* actuels, quoiqu'ils leur ressemblent d'ailleurs extrêmement.

Le *Cercis Tournoueri* diffère du *C. antiqua* par un nombre plus restreint de nervures latérales basilaires, réduites le plus souvent à une seule paire ; les feuilles varient de forme et de dimension ; elles sont souvent subdeltoïdes et parfois subcordiformes ou même distinctement échancrées en cœur à la base ; elles se rapprochent de celles du *Cercis japonica* Sieb. plus que d'aucun autre *Cercis* actuel. Le *Cercis radobojana* Ung. (2) se rattache au même type ; mais les feuilles sont plus orbiculaires ; du reste, les exemplaires figurées par M. Unger ne donnent pas

(1) Il faut observer ici que la figure représentant le fruit de cette espèce (*Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XVII, p. 14, fig. 4 B) est fautive. Le fragment de fruit figuré par inadvertance est en réalité celui d'un *Acacia*. Nous reproduirons plus loin les véritables légumes du *Cercis antiqua*.

(2) Unger, *Sylloge*, II, p. 27, tab. 9, fig. 15-18.

une idée bien claire de l'espèce, et l'auteur exprime même quelques réserves au sujet de son attribution.

Le *Cercis* que nous allons décrire nous paraît offrir les éléments d'une détermination exempte d'incertitude, car, selon toute probabilité, elle repose sur la présence de feuilles et de fruits. Cette plante doit d'autant plus attirer notre attention qu'elle fait partie de l'un de ces genres caractéristiques de l'ancienne végétation qui, bien que réduits à l'époque actuelle à un petit nombre de formes dispersées dans les deux hémisphères, n'ont pas cependant encore abandonné notre continent, et par conséquent ont résisté aux causes de destruction qui nous ont enlevé tant d'autres types.

Les feuilles, dont il existe deux exemplaires (fig. 10 et 11) de taille inégale, sont largement ovales-orbiculaires, parfaitement entières, mais plus ou moins déformées sur les bords. Le sommet, aussi bien que la base, sont également arrondis, et le pétiole est très-court; mais elles diffèrent tellement l'une de l'autre par les dimensions, qu'on serait porté à les séparer, si l'on ne savait pas que chez les *Cercis*, les feuilles ordinaires sont accompagnées d'autres feuilles beaucoup plus petites, situées aux deux extrémités des jeunes scions. La plus grande de ces deux feuilles (fig. 10) est incomplète supérieurement et déchirée sur plusieurs points ; cependant, on reconnaît aisément qu'elle appartient à un *Cercis ;* son contour est arrondi inférieurement, faiblement échancré en cœur à l'endroit du pétiole, mais de telle façon que les auricules résultant de cette échancrure se touchent et recouvrent l'origine du pétiole. De ce dernier point partent de chaque côté de la médiane deux paires de nervures fortement recourbées-ascendantes, accompagnées extérieurement d'une troisième paire très-faible qui longe le bord de près. Ces nervures sont ramifiées sur leur côté externe. On aperçoit à peine le commencement des nervures secondaires, réduites probablement à un très-petit nombre. La petite feuille présente à peu près les mêmes caractères que la grande ; seulement, elle est déformée et émarginée au sommet, et ne comprend qu'une seule paire de nervures basilaires. Ces feuilles

reproduisent avec quelques variations secondaires le type du *C. canadensis*, dont elles se rapprochent plus que d'aucune autre espèce ; cependant, leur base légèrement cordiforme indique une tendance vers notre espèce indigène, le *C. Siliquastrum ;* elles se distinguent des deux par la brièveté du pétiole.

Les fruits recueillis dans les mêmes couches (fig. 12) sont très-petits, car ils ne mesurent guère que 2 centimètres et demi en y comprenant le pédicule ; ils sont lancéolés, mais terminés plus obtusément vers les deux extrémités que ceux du *C. Siliquastrum*, du reste, comme ceux-ci, ils sont stipités et bordés sur un des côtés d'une aile étroite membraneuse. Le mode de réticulation présente aussi beaucoup d'analogie, mais il est difficile d'en distinguer nettement les détails, même à la loupe.

Cette espèce remarquable est dédiée à ma belle-sœur, madame Amélie de Gassaud, qui l'a découverte.

β. *CÆSALPINIEÆ.*

CÆSALPINITES Sap.

Cæsalpinites Schotiæfolius. (Pl. XIV, fig. 7.)

C. foliis pinnatim compositis, petiolo communi angustissime subalato, foliolis oppositis, breviter petiolatis, numerosis, parvulis, coriaceis, ovatis, basi parum inæqualibus, apice emarginatis, integerrimis ; nervis secundariis tenuibus, oblique reticulatis.

Schistes du bois d'Assou. — Rare.

Il n'est pas difficile de préciser les caractères de cette jolie empreinte ; elle dénote sûrement une Légumineuse aux feuilles ailées, une ou plusieurs fois pinnées, à folioles menues et rangées deux par deux, à intervalles réguliers, le long d'un pétiole commun très-grêle, mais qu'on reconnaît cependant, à l'aide de la loupe, avoir été étroitement marginé. Il est impossible de distinguer si ces feuilles étaient pari- ou imparipennées ; pourtant la première supposition paraît la plus naturelle. La texture des folioles est coriace et leur nervation très-fine ; la forme de cette nervation est très-exactement rendue par les

figures 7 *a* et 7 *a'* qui la reproduisent sous deux grossissements. En ce qui concerne l'attribution, on peut songer à des genres bien différents ; les plus analogues m'ont paru les *Edwarsia* d'une part, et, de l'autre, les *Schotia* et les *Tamarindus*. La forme du pétiole commun, étroitement, mais distinctement marginé dans l'intervalle qui sépare chaque paire de folioles, ainsi que l'aspect de ces folioles, leur nervation et leur constante opposition, nous ont engagé à les ranger plutôt parmi les Cæsalpiniées, auprès du genre *Schotia* qui, étant austro-africain, pourrait bien, à l'exemple de plusieurs autres genres de la même région, avoir fait partie de la flore de Manosque. Il serait possible que cette espèce fût identique avec la foliole isolée de Saint-Zacharie que nous avons précédemment signalée sous le nom d'*Edwarsia minuta* (1).

CÆSALPINITES EMARGINATUS. (Pl. XIV, fig. 5.)

C. foliolis coriaceis, petiolatis, obcordatis, basi breviter cuneatis, apice late emarginatis ; nervis secundariis oblique reticulatis.

Schistes de bois d'Asson. — Très-rare.

Foliole isolée, très-analogue à celles du *Colutea macrophylla* Heer (2), d'Œningen, mais dont la texture paraît avoir été coriace, et la nervation analogue à celle d'un grand nombre de Cæsalpiniées. On peut la rapprocher avec assez de vraisemblance du *Ceratonia emarginata* Heer, auquel il faudrait peut-être la réunir (3).

CÆSALPINITES CUNEIFORMIS. (Pl. XIV, fig. 6.)

C. foliolis sessilibus, obovatis, obtuse cuneatis, apice emarginatis ; venulis reticulatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

(1) Voy. *Ét. sur la vég. tert.*, I, p. 257 ; *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XIX, p. 103, pl. 11, fig. 16.
(2) *Fl. tert. Helv.*, III, p. 102, tab. 332, fig. 43-46.
(3) *Fl. tert. Helv.*, III, tab. 134, fig. 17-20.

Foliole isolée et unique ressemblant à celles de plusieurs *Cæsalpinia.*

CÆSALPINITES OBSCURATUS. (Pl. XIV, fig. 8.)

C. foliolis sessilibus, coriaceis, obovatis, basi obtuse attenuatis, sursum rotundatis leviterque emarginatis.

Schistes du bois d'Asson. — Très-rare.

Foliole plus grande que la précédente et dont il est difficile de préciser la véritable affinité. M. Heer a figuré plusieurs empreintes analogues, entre autres le *Cæsalpinia Falconeri* d'Œningen (1). Aucune d'elles ne paraît pourtant assez semblable pour nous faire admettre une identité spécifique.

γ. *MIMOSEÆ.*

ACACIA L.

ACACIA SOTZKIANA Ung., *Foss. Fl. von Sotzka,* p. 59, tab. 46, fig. 1-10. Ettingsh., *Fl. von Hæring,* p. 93, t. 30, fig. 55 et 56; Heer, *Fl. tert. Helv.*, III, p. 131, tab. 140, fig. 1-12. (Pl. XII, fig. 9.)

A. leguminibus pedunculatis, elongatis, compressis, apice rostratis, hinc inde constrictis, tenuiter transversim reticulato-venosis, pleurospermis, seminibus rotundatis.

Schistes bitumineux de Fontienne, près de Forcalquier. — Très-rare.

Une belle empreinte de fruit, ou plutôt celle d'une valve détachée, retenant encore une graine qui occupe sa place naturelle, nous fait connaître l'existence de cette espèce dans les schistes des environs de Forcalquier, contemporains de ceux du bois d'Asson. En Suisse et en Allemagne, elle a été fréquemment observée, et toujours sur un horizon correspondant au miocène inférieur. Elle se rattache, par le dessin bien visible de la réticulation des valves, au même groupe que les *Acacia* des gypses d'Aix, et s'éloigne au contraire, par ce même caractère, de l'*A. Bousqueti* que nous avons observé à Armissan.

(1) *Fl. tert. Helv.*, III, p. 110, tab. 137, fig. 1-10.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

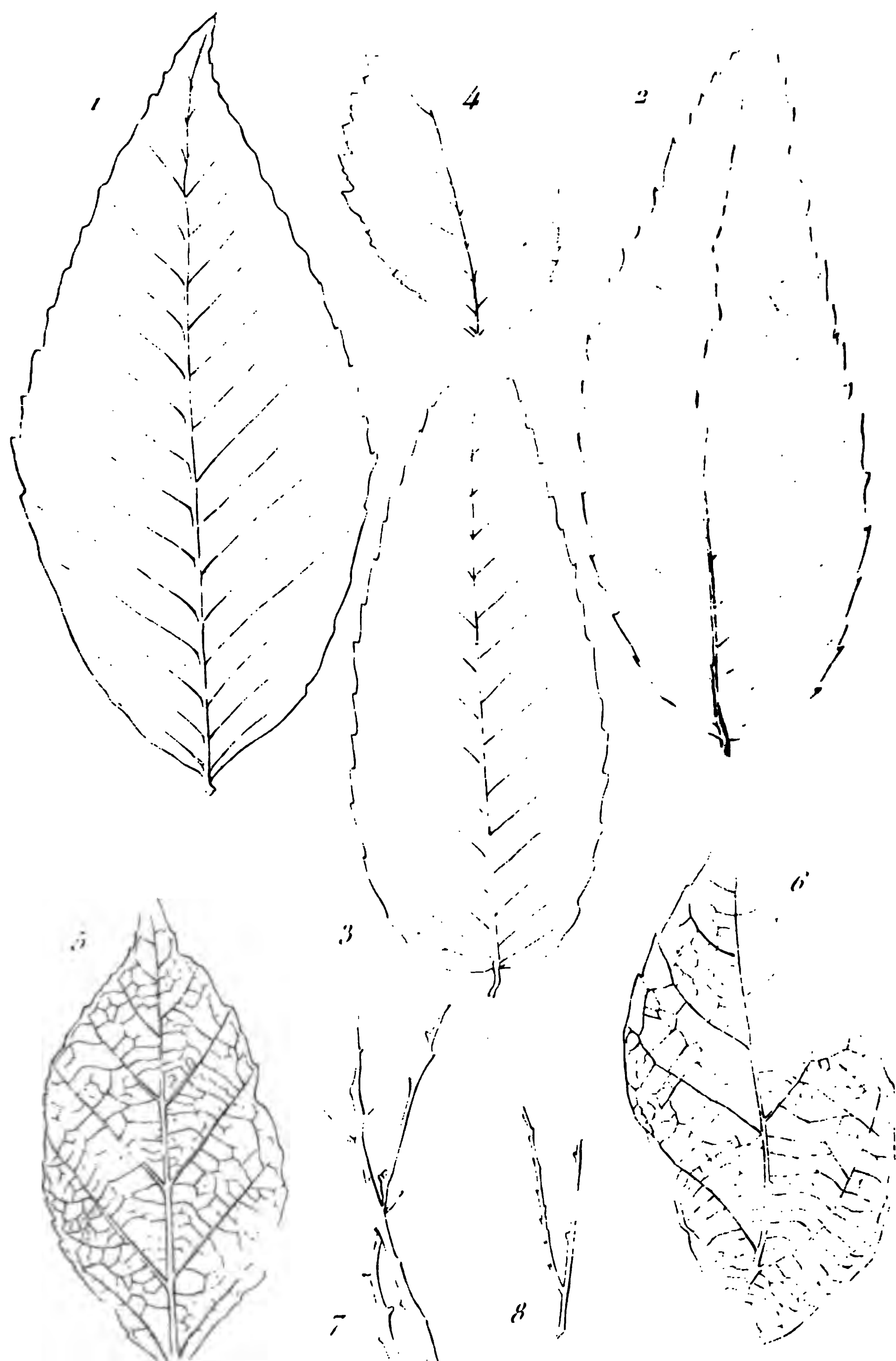
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15, Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15. Paris.

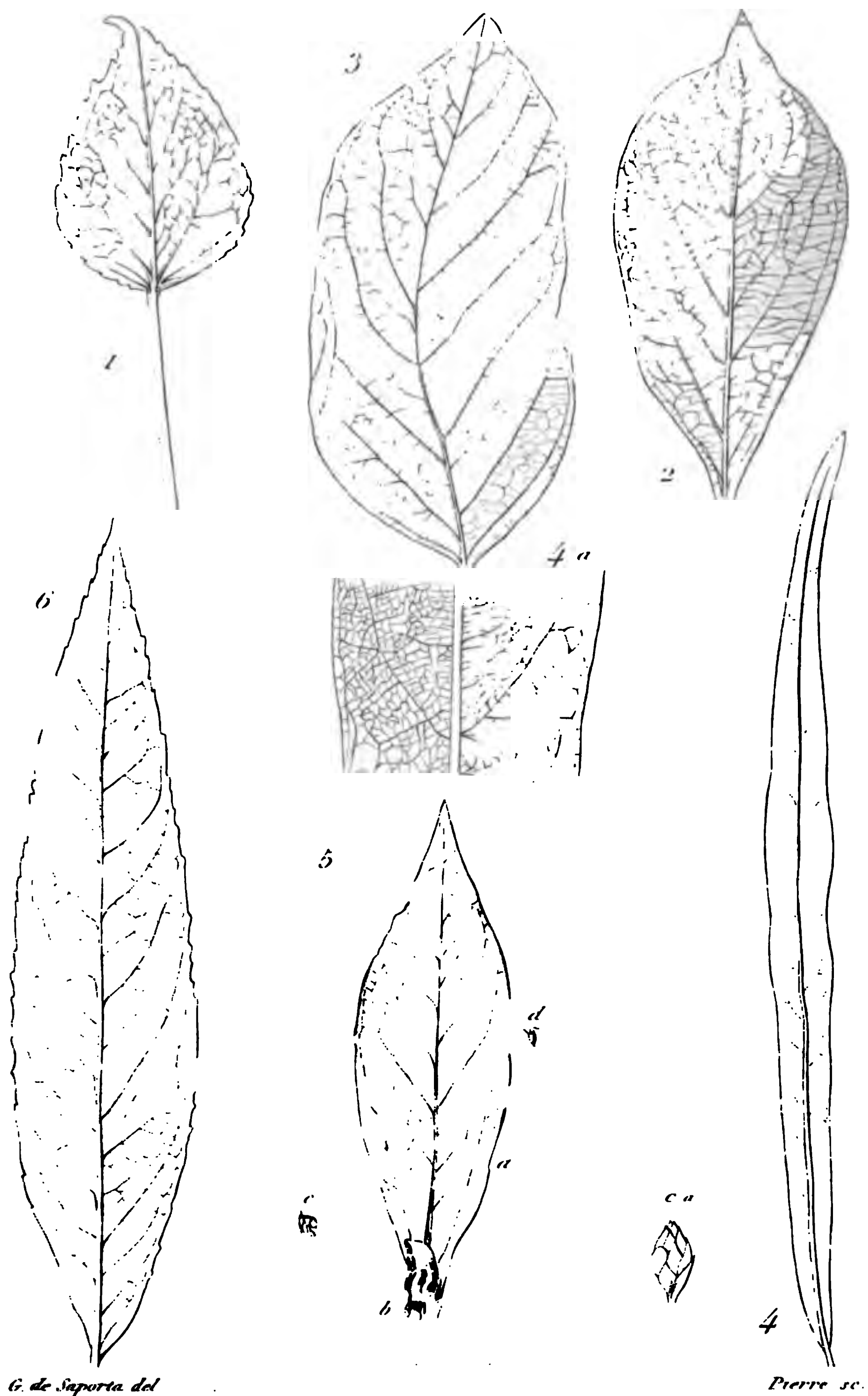


G. de Saporta del.

Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15. Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 16. à Paris.



G. de Saporta del. Pic

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15, à Paris.

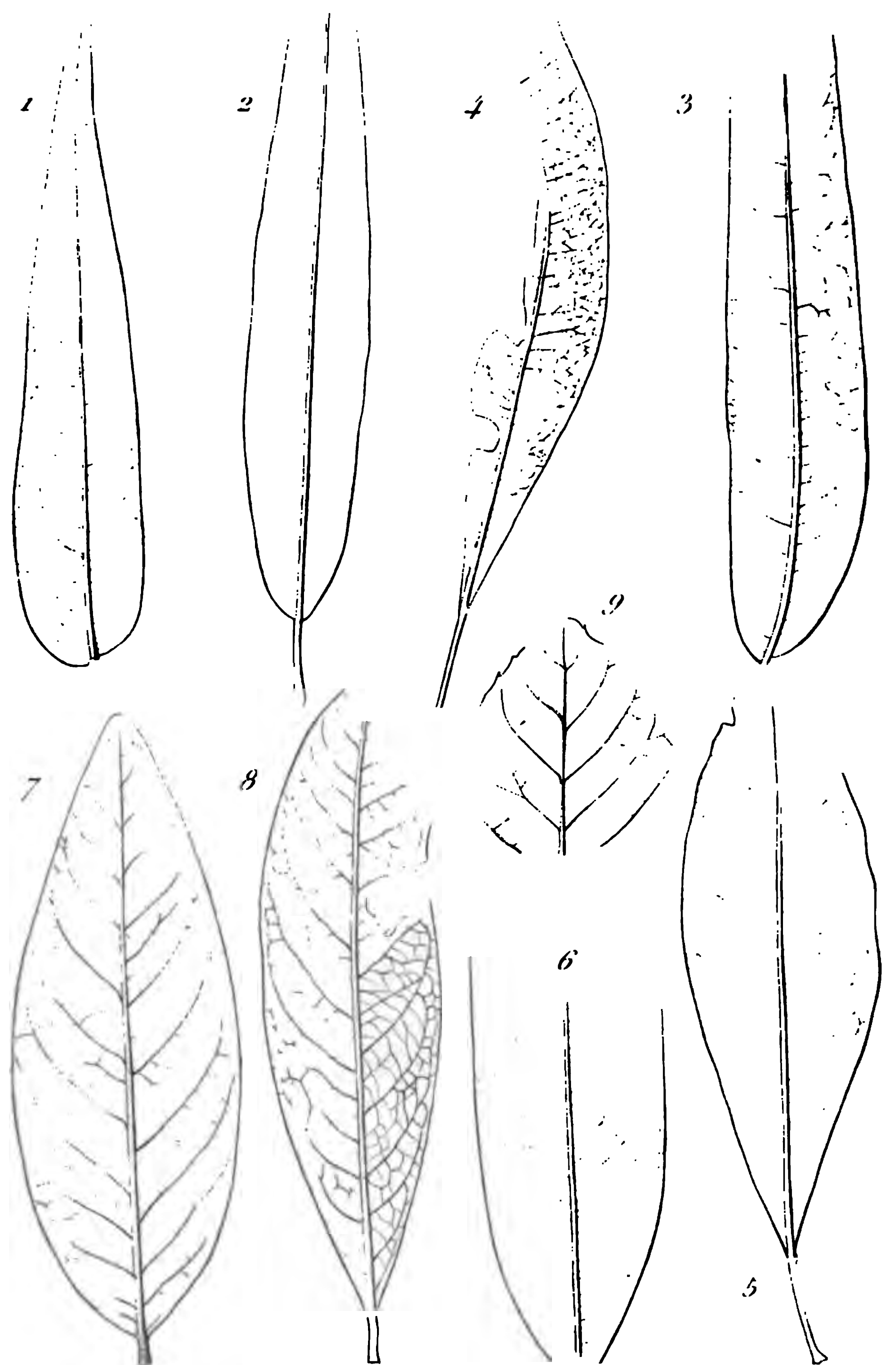


G. de Saporta del.

Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

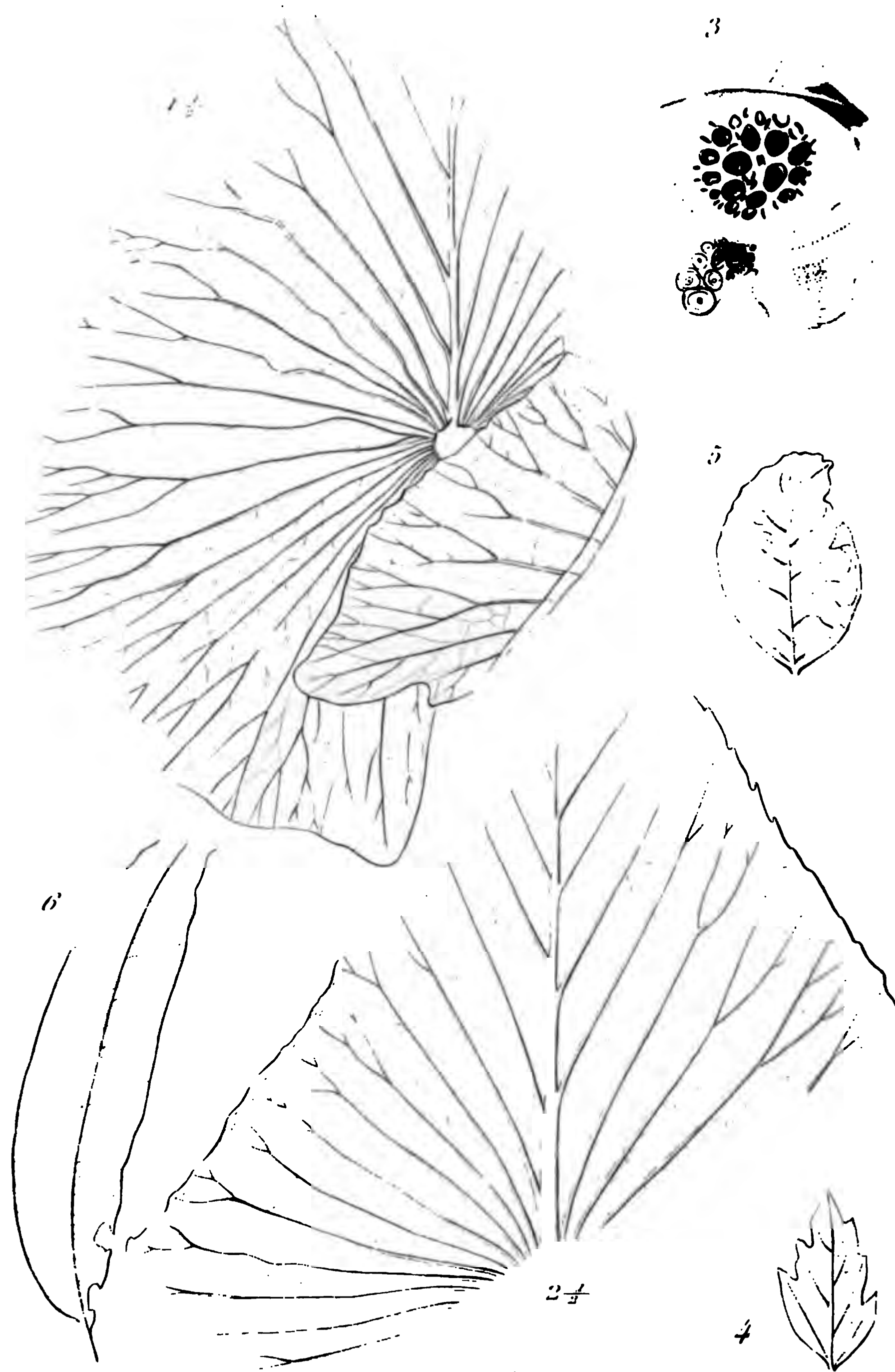
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. Paris



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

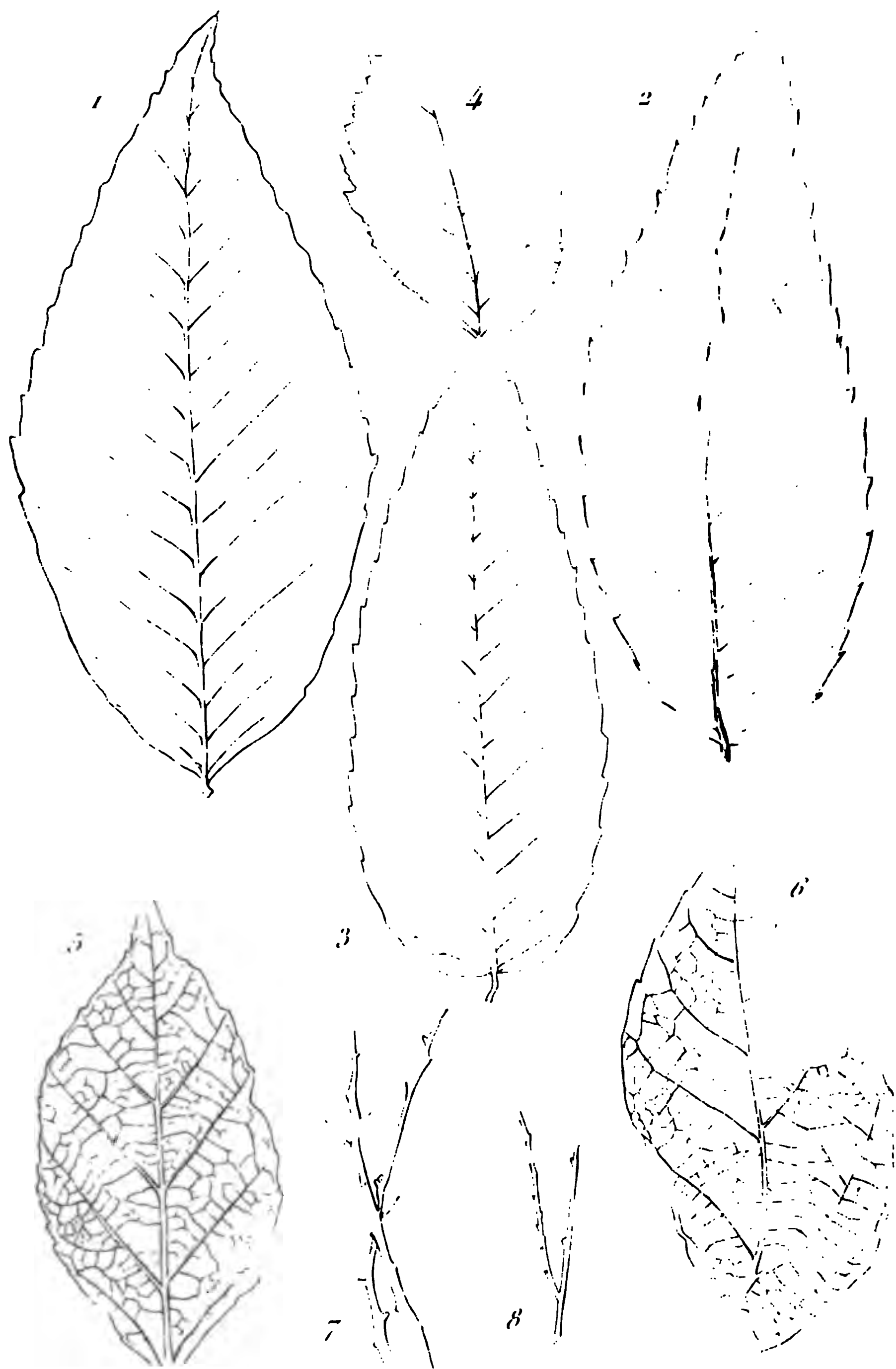
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15. à Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

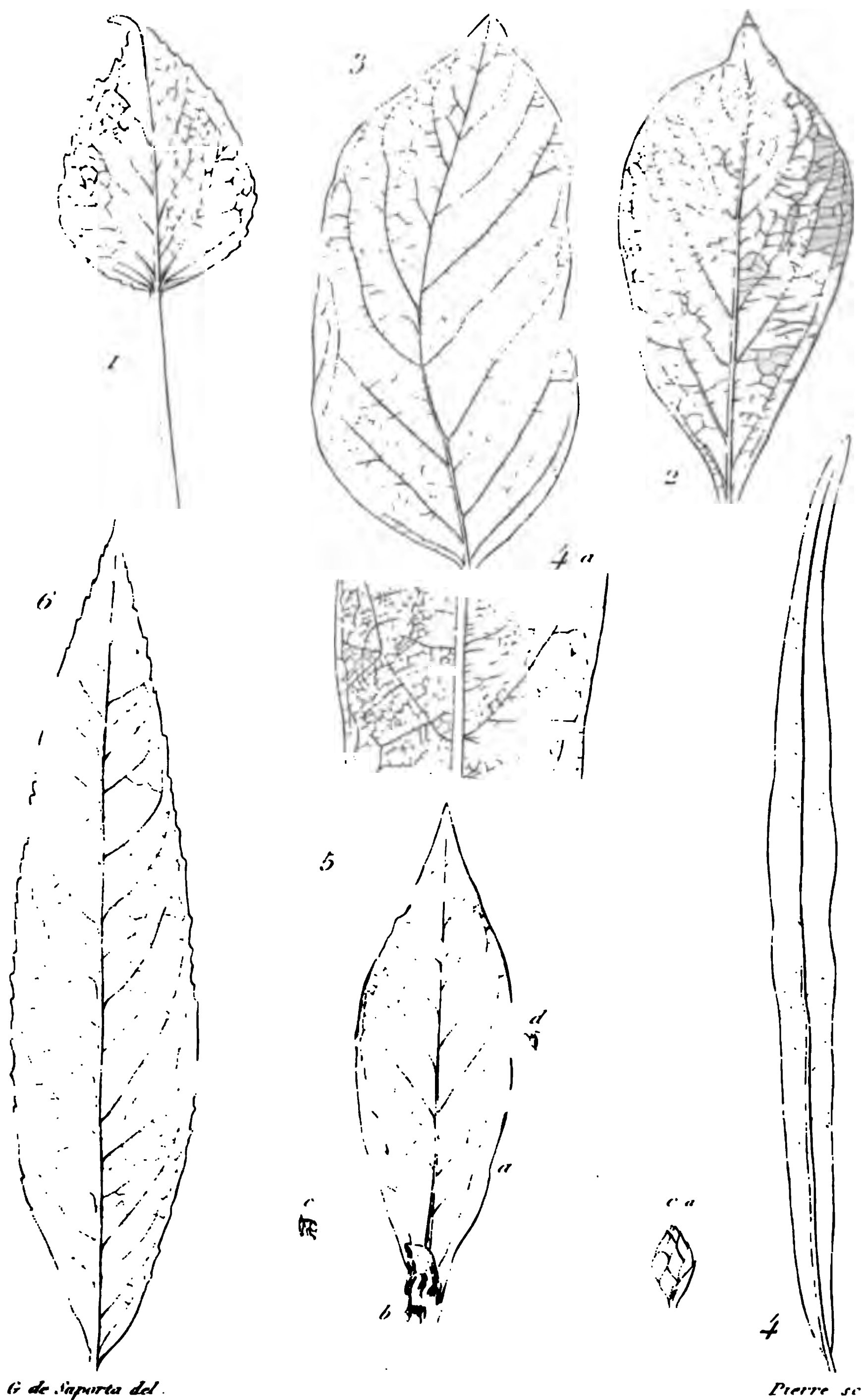
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15 Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15, Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

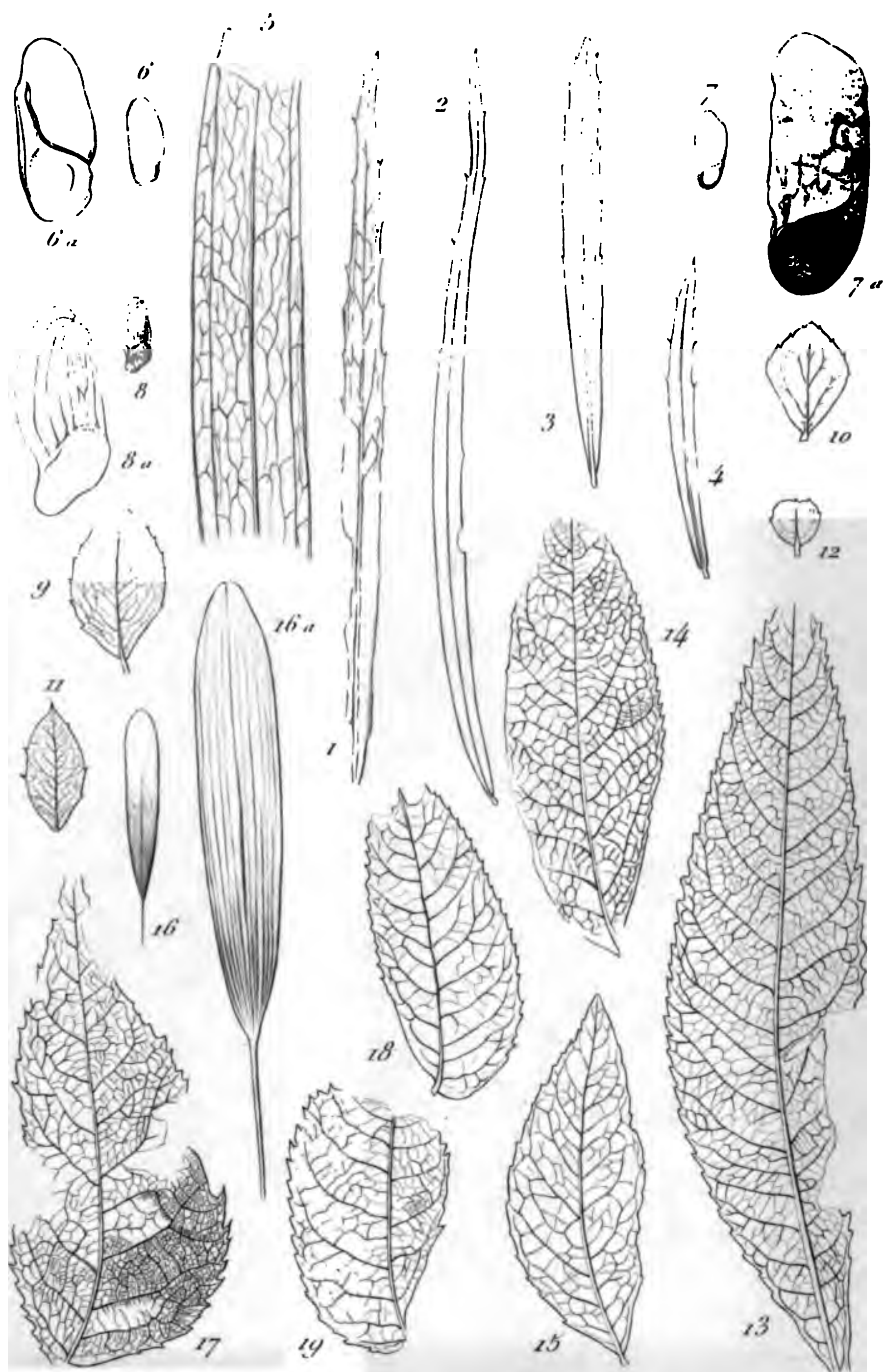
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 16. à Paris



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

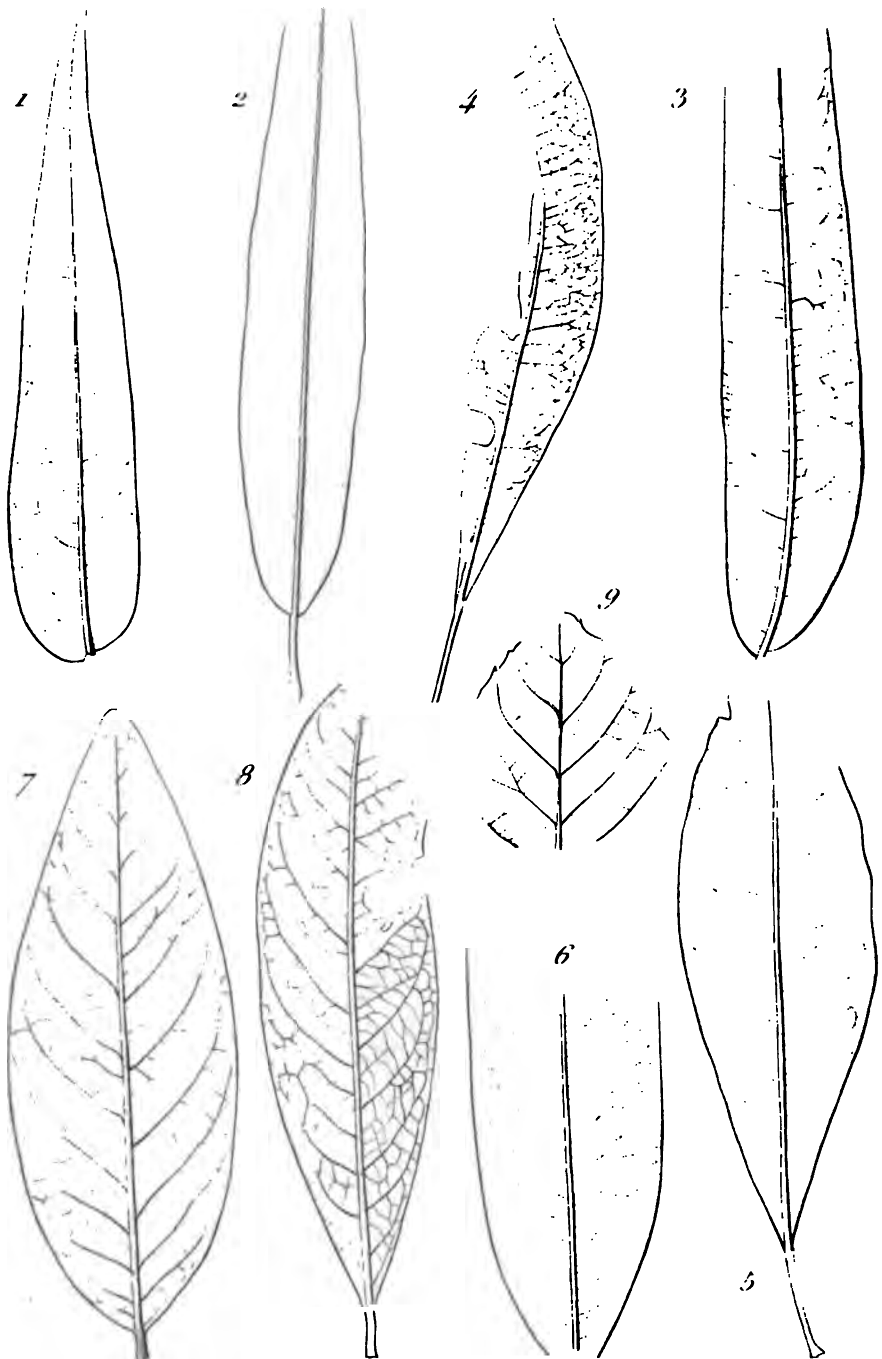
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15, à Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

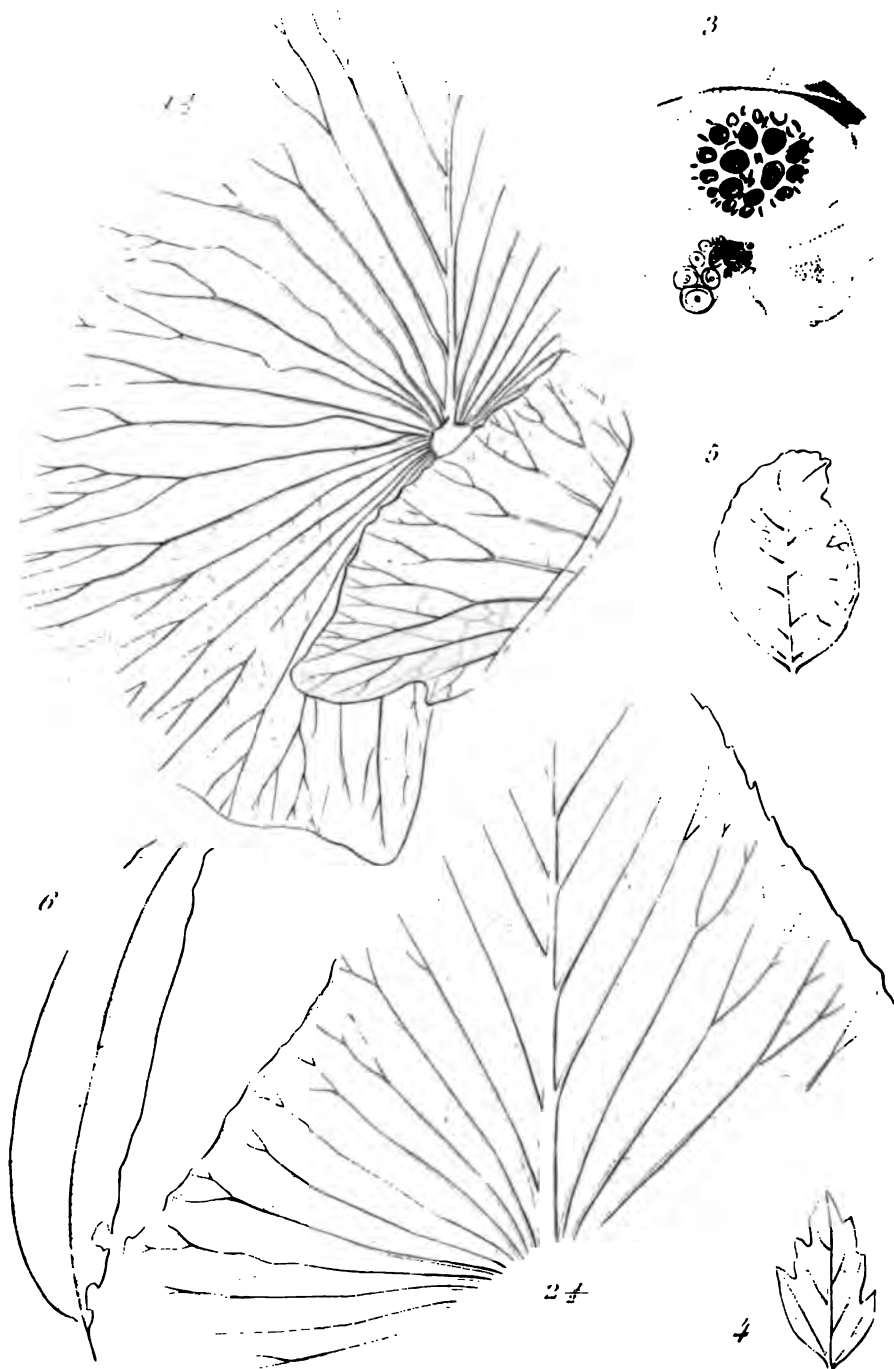
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15, à Paris



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

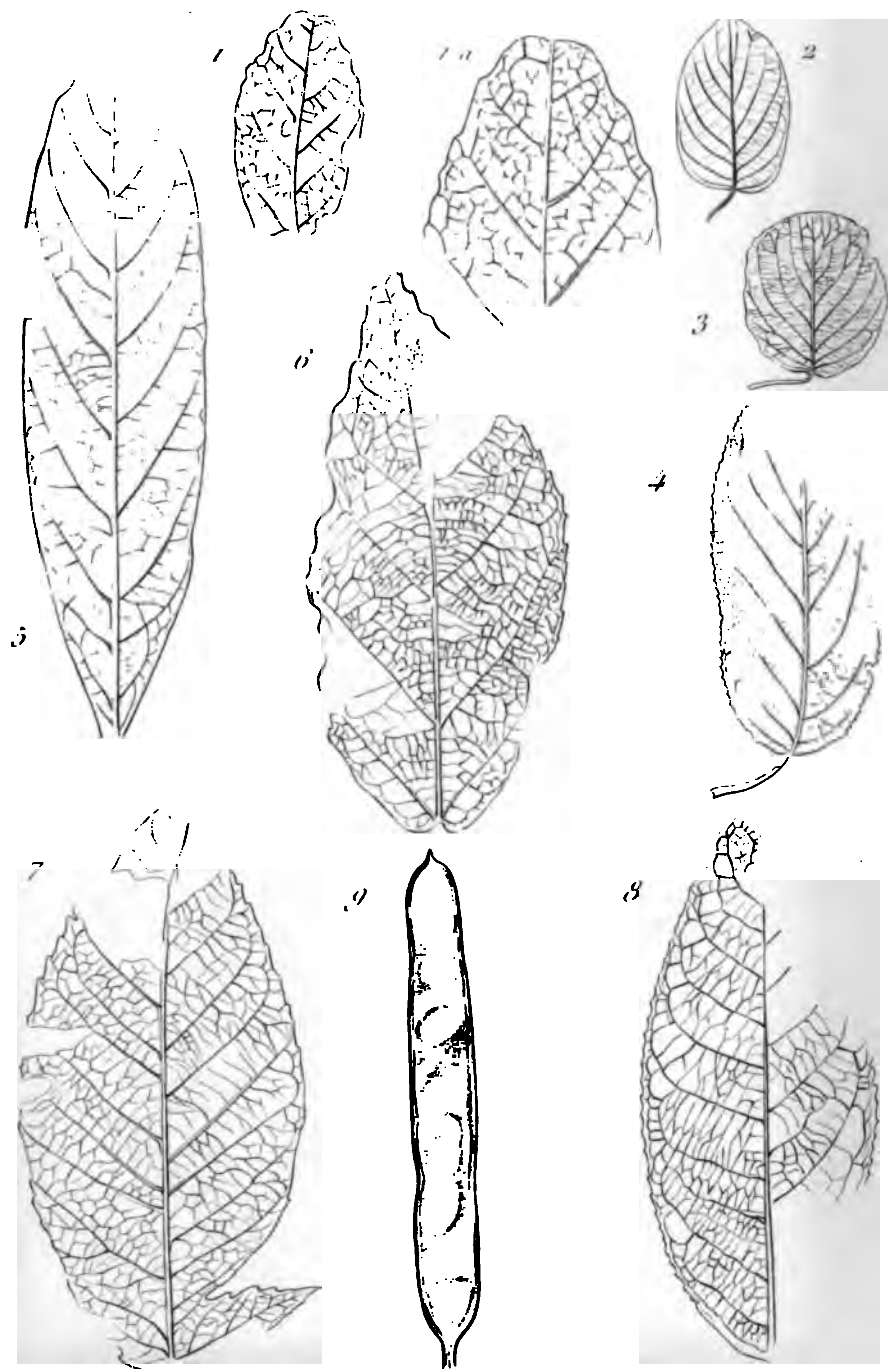
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15, à Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

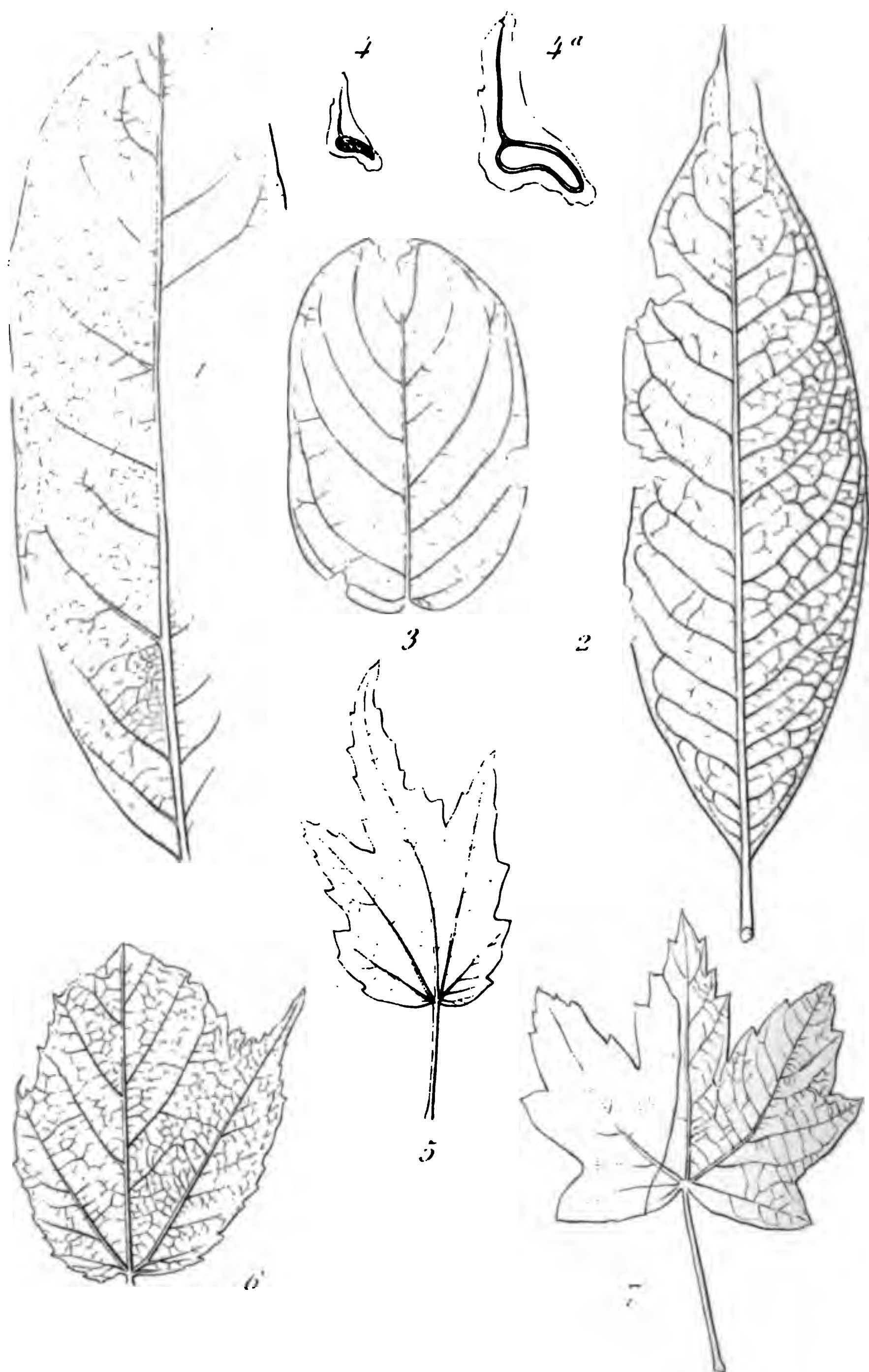
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15. Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15. Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

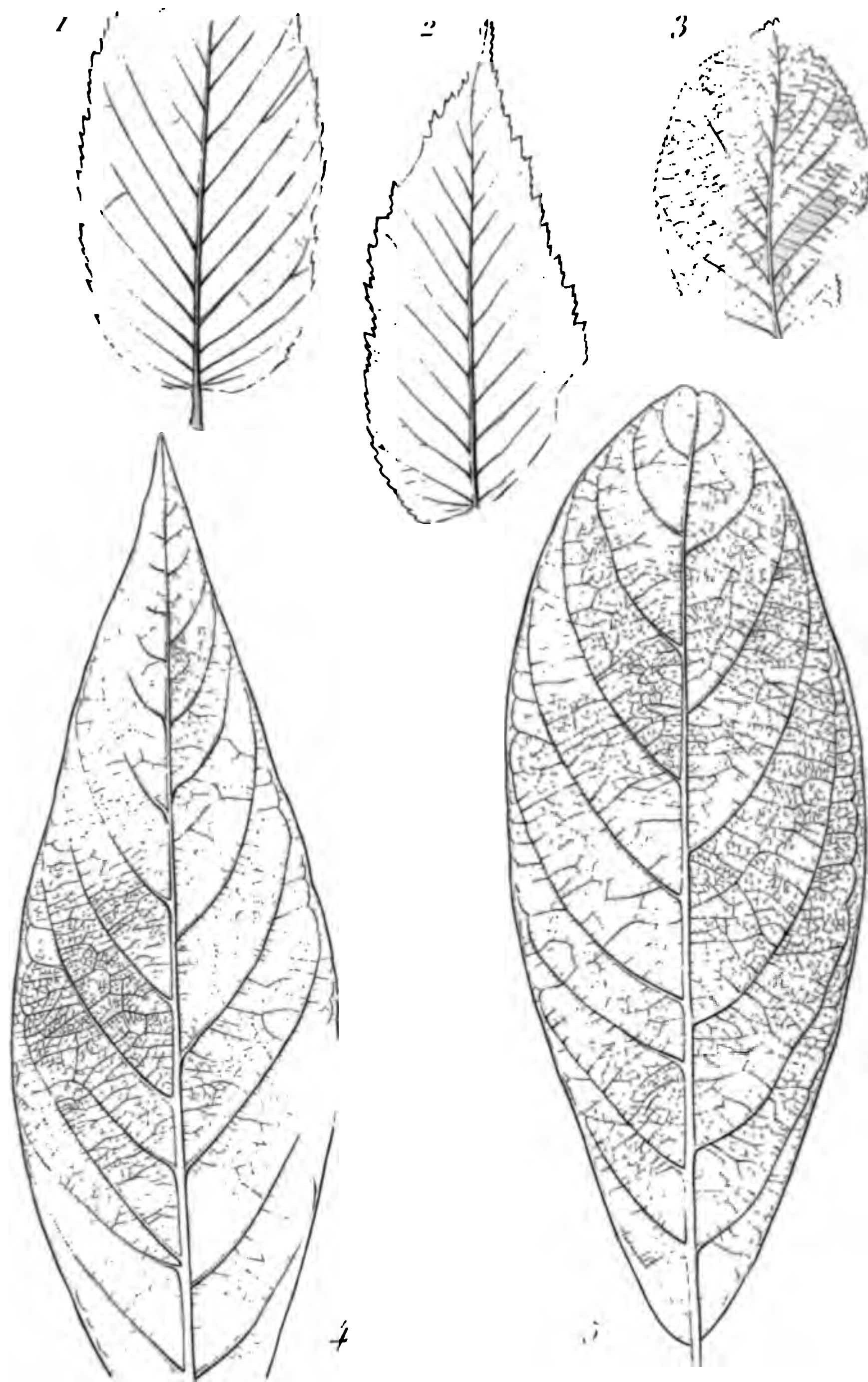
A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15 à Paris



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. à Paris.



G. de Saporta del. Pierre sc.

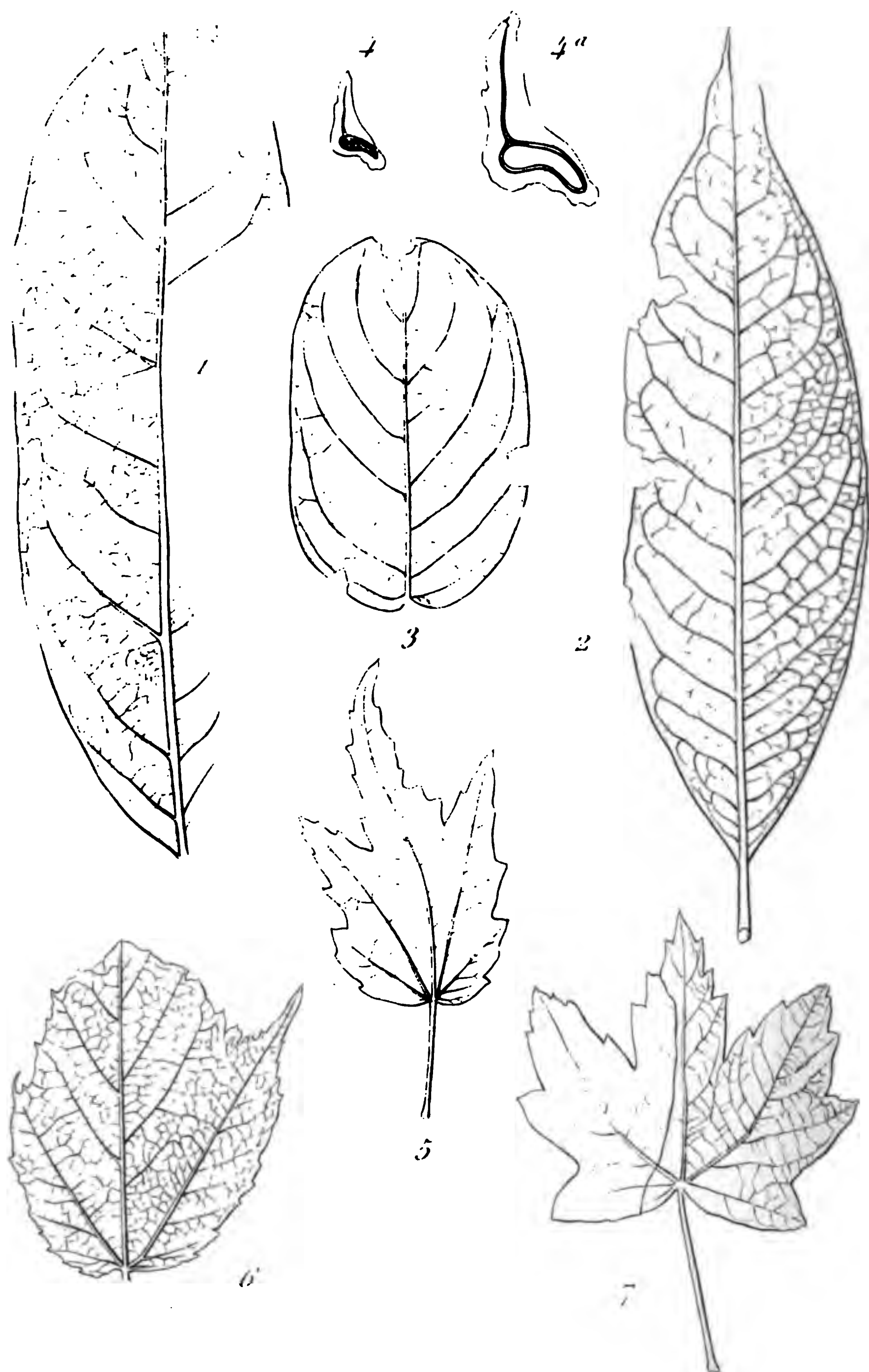
Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. Paris.

ESPÈCES FOSSILES.	Pages.	LOCALITÉS étrangères.	ESPÈCES vivantes analogues.	PATRIE de ces espèces.
EMBOTHRIUM Fort.......	88			
Embothrium ovatum Sap.	88			
Embothrium tenerum S.	88			
EMBOTHRITES Ung.......	89			
Embothrites borealis Ung.	89	Sotzka, Conmi (Grèce).		
Oleaceæ............	89			
FRAXINUS Tournef......	89			
Fraxinus juglandina Sap.	89	....	Fraxinus caroliniana Desf.	Amérique sept.
			Fraxinus juglandina Lam.	Amérique sept.
Fraxinus ulmifolia Sap..	91			
Ebenaceæ..........	91			
DIOSPYROS L.	91			
Diospyros varians Sap...	91	Saint-Jean-de Garguier.		
Myrsineæ...........	92			
MYRSINE L............	92			
Myrsine celastroides Ett.	92	Bassin de Marseille, Hæring, Monod, Armissan.....	Myrsine africana L...	Iles Canaries.
Myrsine radobojana Ung.	93	Radoboj. . .	Myrsine Bottensis DC..	Arabie.
Myrsine minuta Sap....	93	....	Myrsine retusa Vent..	Açores.
			Myrsine ciliata......	Indes.
Ericaceæ...........	94			
ANDROMEDA L.	94			
Andromeda (Leucothoe) latior Sap..........	94	Armissan. .	Andromeda salicifolia Benth...........	Ile Maurice.
Andromeda (Leucothoe) manuescensis Sap....	94	....	Leucothoe multiflora D.C.	Brésil.
Andromeda (Leucothoe) erosa Sap..........	96			
Ampelideæ..........	96			
CISSUS L.............	96			
Cissus lacerata Sap.....	96	....	Cissus adnata Wal...	Indes.
Corneæ............	97			
CORNUS L.............	97			
Cornus orbifera Heer...	97	Monod, Eriz, Aarwang. (Suisse), Eibiswald (Allemagne) . .	Cornus florida L.....	Virginie.
Nymphæaceæ........	97			
NYMPHÆA Neck........	97			
Nymphæa calophylla Sap.	97	....	Nymphæa dentata Th. Schum.	Afrique austro-occidentale.
ANŒCTOMERIA Sap......	100			
Anœctomeria Brongniartii Sap............	100	Armissan, Chatillens (Suisse).		
Buttneriaceæ........	100			

ESPÈCES FOSSILES.	Pages.	LOCALITÉS étrangères.	ESPÈCES vivantes analogues.	PATRIE de ces espèces.
PTEROSPERMITES Heer...	100			
Pterospermites vagans Heer.	100	Hohe-Rhonen, Locle, Œningen (Suisse), Rhon, Bischofsheim (Allemagne).		
Acerineæ.	101			
ACER Mœnch..........	101			
Acer trilobatum Al. Br..	101	Rochette, Rivaz, Hohe-Rhonen, Eriz, Locle, Œningen, etc. (Suisse), Sieblos, Bonner-Kohlen, Radoboj, Bilin, Schossnitz, etc. (Allemagne), Salcedo, Chiavone, Senegaglia, Stradella, etc. (Italie), Coumi (Grèce)......	Acer rubrum L.....	Amérique sept.
Acer recognitum Sap...	102	....	Acer tauricolum Boiss.	Asie Mineure.
Acer tenuilobatum Sap..	103	....	Acer spicatum Lam...	Amérique sept.
Acer angustilobum Heer.	104	Toute la molasse suisse, de la base au sommet, Rhon, Bischofsheim (Allemagne), Senegaglia (Italie)....	Acer monspessulanum L...............	France méridion.
Acer gracile Sap........	104	... .	Acer polymorphum Sieb. et Zucc......	Japon.
Malpighiaceæ.......	106			
MALPIGHIASTRUM Ung...,	106			
Malpighiastrum larguense Sap..............	106	....	Heteropteris megaptera A. Juss.....	Brésil.
Malpighiastrum procrustæ? Ung...........	107	Radoboj.		
Rhamneæ............	107			
BERCHEMIA Neck.......	107			
Berchemia multinervis Heer........... .	107	Monod, Eriz, Locle, Œningen, etc. (Suisse), Bilin (Allemagne), Guarene, Senegaglia, Sarzanella (Italie).	Berchemia volubilis..	Virginie.
RHAMNUS L...........	108			

ESPÈCES FOSSILES.	Pages.	LOCALITÉS étrangères.	ESPÈCES vivantes analogues.	PATRIE de ces espèces.
Rhamnus Gaudini Heer.	108	Monod, Eriz, Aarwangen (Suisse), Eibiswald (Allemagne) . .	**Rhamnus grandifolius** Fisch.	Rég. du Caucase.
Rhamnus subdentatus S.	108	. . . .	Rhamnus frangula L. .	Europe.
Rhamnus notatus Sap. . .	108	. . . .	Rhamnus lucidus. . . .	Ile Maurice.
Juglandeæ.	109			
JUGLANS L.	109			
Juglans melæna Ung. . . .	109	Radoboj. . .	Juglans nigra L.	Amérique sept.
ENGELHARDTIA Lesch. . . .	109			
Engelhardtia serotina Sap.	109	. . . .	Engelhardtia Colebrookeana Wall.	Népaul.
Anacardiaceæ.	110			
RHUS L.	110			
Rhus juglandogene Ett. .	110	Hæring, Armissan. . .	Rhus javanica.	Java.
Rhus incisa Sap.	111			
Rhus colligonda Sap. . . .	111	. . . .	Rhus copalina L.	Amérique sept.
Zanthoxyleæ.	111			
AILANTUS Desf.	111			
Ailantus oxycarpa Sap. . .	111	. . . .	Ailantus malabarica DC.	Inde.
Pomaceæ.	113			
MESPILUS L.	113			
Mespilus palæo-pyracantha Sap.	113	. . . .	Mespilus pyracantha L. Mespilus prunifolia L.	Europe méridion. Amérique sept.
Leguminosæ.	114			
Sophoreæ.	114			
SOPHORA L.	114			
Sophora europæa Ung. . .	114	Monod, Œningen (Suisse), Sotzka, Hæring, Radoboj, Tokay, (Allemagne), Senegaglia (Italie). . . .	Sophora tomentosa Lam.	Indes.
VIRGILIA Lam.	114			
Virgilia macrocarpa Sap.	114	. . . .	Virgilia capensis Lam.	Afrique australe.
CERCIS L.	117			
Cercis Ameliæ Sap.	117	. . . .	Cercis canadensis L. . .	Amérique sept.
Cæsalpinieæ.	119			
CÆSALPINITES Sap.	119			
Cæsalpinites Schotiæfolius Sap.	119	. . . .	Schotia pulchella Lam.	Afrique australe.
Cæsalpinites emarginatus Sap.	120			
Cæsalpinites cuneiformis Sap.	120			
Cæsalpinites obscuratus Sap.	121			



G. de Saporta del.

Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade. 15 à Paris

Fig. 16. *Celastrus redditus* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

Fig. 17. *Andromeda coriacea* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE 3.

Fig. 1. *Jungermannites pulcher.* Tigelle pourvue de ramifications latérales, grandeur naturelle ; 1 *a*, la même grossie, pour montrer la disposition des feuilles, d'après un dessin de M. Schimper.

Fig. 2-3. *Widdringtonia Ungeri* Endl. 2, fragment de ramule, grandeur naturelle ; 2 *a*, le même, grossi. 3, semence attribuée à la même espèce, grandeur naturelle.

Fig. 4-5. *Pecopteris lignitum* Gieb. Fragments de frondes, grandeur naturelle ; 5 *a*, l'un d'eux grossi pour montrer les détails de la nervation.

Fig. 6. *Equisetum lacustre* Sap. Portion de tige, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Pinus manuescensis* Sap. Semence, grandeur naturelle.

Fig. 8-10. *Pinus parvinucula* Sap. Semences, grandeur naturelle.

Fig. 12-13. *Panicum pedicellatum* Sap. Épillets. 12, surface d'une plaque marneuse couverte d'épillets épars, couchés en désordre les uns près des autres, et de glumes détachées, grandeur naturelle ; 12 *a*, *b* et *c*, quelques-uns d'entre eux grossis. 13, autres échantillons, grandeur naturelle ; 13 *a*, les mêmes grossis.

PLANCHE 4.

Fig. 1. *Myrica fraterna.* Feuille, grandeur naturelle ; 1 *a*, détails de la nervation, grossis.

Fig. 2-6. *Alnus sporadum* Ung. 2, partie inférieure d'une feuille, d'après un exemplaire de la collection de M. Marcel de Serres, grandeur naturelle. 3, autre feuille presque entière, grandeur naturelle. 4, feuille plus petite accompagnée de son pétiole, grandeur naturelle. 5, feuille très-petite se rapportant à la base d'un rameau, grandeur naturelle. 6, strobile à la maturité, avec les écailles écartées, grandeur naturelle.

PLANCHE 5.

Fig. 1. *Quercus larguensis* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

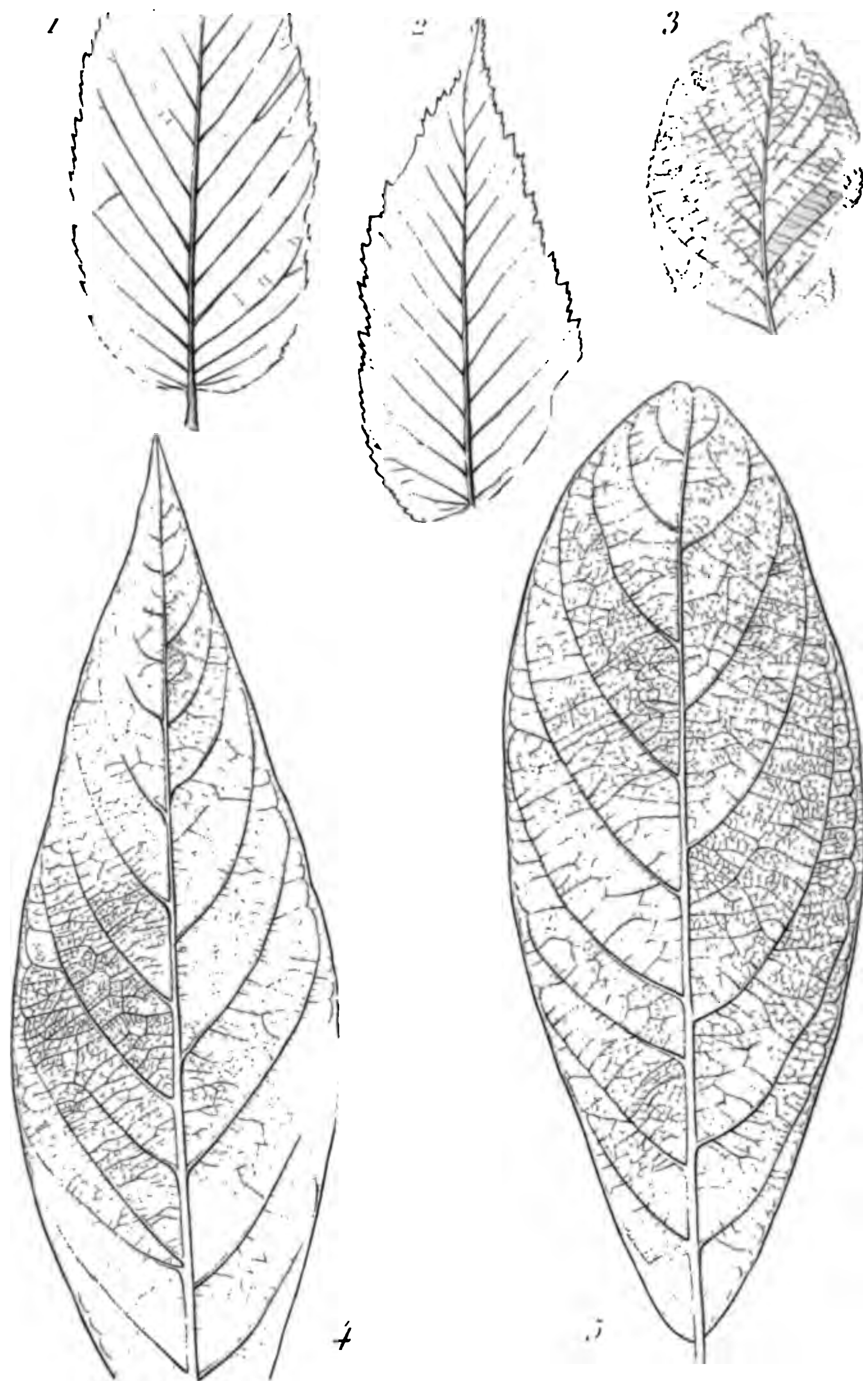
Fig. 2. *Quercus elæna* Ung. Feuille, grandeur naturelle.

Fig. 3-4. *Betula elliptica* Sap. Feuille, grandeur naturelle ; 3 *a*, détails de la nervation et dentelure, grossis. 4, samare, grandeur naturelle ; 4 *a*, même organe grossi.

Fig. 5. *Quercus singularis* Sap. Feuille, grandeur naturelle ; 5 *a*, détails de la nervation grossis.

Fig. 6. *Quercus advena* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Fagus castaneæfolia?* Ung. Feuille, grandeur naturelle.



G. de Saporta del. Pierre sc.

Plantes fossiles du terrain tertiaire de la Provence.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15 Paris.

Fig. 6. *Acer tenuilobatum* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Acer recognitum* Sap. Feuille, grandeur naturelle.

PLANCHE 14.

Fig. 1. *Engelhardtia serotina* Sap. Involucre fructifère, grandeur naturelle.

Fig. 2-3. *Ailantus ocycarpa*. 2. Samare, grandeur naturelle; 2 *a*, même organe grossi. 3, foliole, grandeur naturelle.

Fig. 4. *Virgilia macrocarpa*. Fruit montrant les deux valves ouvertes et écartées après la chute des graines, grandeur naturelle.

Fig. 5. *Cæsalpinites emarginatus*. Foliole, grandeur naturelle.

Fig. 6. *Cæsalpinites cuneiformis*. Foliole, grandeur naturelle.

Fig. 7. *Cæsalpinites Schotiæfolius*. Segment de feuille pinnée, garnie de ses folioles; 7 *a*, une des folioles très-grossie pour montrer les détails de la nervation.

Fig. 8. *Cæsalpinites obscuratus*. Foliole, grandeur naturelle.

Fig. 9. *Sophora europæa* Ung. Foliole, grandeur naturelle.

Fig. 10-12. *Cercis Ameliæ*. 10, grande feuille mutilée à la partie supérieure, grandeur naturelle. 11, feuille beaucoup plus petite, grandeur naturelle. 12, fruit, grandeur naturelle.

PLANCHE 15.

Fig. 1-2. *Carpinus grandis* Ung. Feuilles de grandeur naturelle.

Fig 3. *Alnus sporadum* Ung. Feuilles de grandeur naturelle.

Fig. 4-5. *Laurus* (*Persea*) *superba* Sap. Feuilles de grandeur naturelle.



SUR LE CHANGEMENT

DES

GONIDIES DES LICHENS EN ZOOSPORES,

Par MM. A. FAMINTZIN et J. BORANETZKY.

Mémoire présenté à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg le 6 juin 1867.

Il suffit d'observer une tranche verticale d'un Lichen pour reconnaître que les gonidies forment la couche moyenne du thalle, et qu'elles sont en partie liées aux filaments médullaires, en partie tout à fait libres et éparses entre les hyphes des Lichens. Si l'on place la tranche sur une goutte d'eau, les gonidies se détachent en grande quantité et se dispersent dans l'eau ; on voit que les gonidies libres abandonnent les cavités du tissu qui les renfermait et qui ont été ouvertes par l'instrument tranchant, tandis que celles qui sont adhérentes aux filaments se séparent en emportant une petite portion de ces derniers. Lorsqu'elles sont libres, les gonidies présentent une ressemblance parfaite avec une Algue unicellulaire, et c'est ce qui nous suggéra l'idée de les cultiver hors du thalle. Sur ce sujet, nous ne trouvâmes que des indications vagues et contradictoires de MM. Koerber et Sperschneider. Le premier de ces observateurs est d'avis que les gonidies (*Gonidia primaria* de Koerber) ne peuvent donner naissance hors du thalle à de nouveaux individus, contrairement à l'opinion de M. Sperschneider qui assure avoir observé chez l'*Hagenia ciliaris* le développement de nouveaux thalles produits par des gonidies libres.

Voici ce que M. Koerber écrit dans son ouvrage *De gonidiis Lichenum* (p. 54 et 65) (1) :

« Gonidia primaria i. e. intra thallum abscondita peripherice » mutata per se nequaquam Lichenes propagare possunt. Quod » lubentissime concedas, ratus, gonidia, si quidem propagatio- » nem spectent, ex interioribus thalli partibus ad superficiem » lumen versus evadant necesse est. Quod vero simul ac factum

(1) Voyez mon Mémoire dans *Bot. Zeit.*, 1853, p. 707 et suiv.

» est, gonidia jam ita mutata apparent ut in § 13 descripsimus,
» i. e, statum secundarium ingressa sunt.

» Sunt igitur sola gonidia statum secundarium ingressa (quo-
» rum plura ad glomerulos confluxa soredia exhibent) ad Liche-
» num propagationem apta. »

M. Sperschneider nous donne, au sujet du développement des gonidies libres en nouveaux thalles, les renseignements suivants : ayant placé des lames minces du thalle de l'*Hagenia ciliaris*, dans une atmosphère confinée et humide, sur des morceaux de bois en décomposition (*Mulmstücke*), il remarqua, au bout de deux mois de culture, que les filaments du thalle étaient décomposés, tandis que les gonidies s'étaient non-seulement conservées vivantes, mais sensiblement agrandies, et qu'elles s'étaient multipliées par division. Quelque temps après apparurent au milieu du thalle décomposé de petits corps punctiformes, d'un beau vert, qui se transformèrent peu à peu en nouveaux thalles d'*Hagenia ciliaris*.

Les faits observés par M. Sperschneider en 1853 ont passé inaperçus et n'ont été cités par aucun auteur moderne, pas même par M. le professeur de Bary, dans son beau travail sur la *Morphologie et la physiologie des Champignons et des Lichens*, quoique les travaux de M. Sperschneider lui fussent connus, puisqu'il les cite à la fin de l'article relatif aux Lichens.

La principale cause du peu d'attention qu'on a accordée à ces observations tient, selon toute probabilité, à la manière vague avec laquelle M. Sperschneider a décrit la transformation des gonidies libres en thalle. Néanmoins, nous pouvons assurer que tout ce que M. Sperschneider a énoncé relativement à la décomposition des filaments du thalle, la manière dont les gonidies sont mises à découvert, et leur accroissement ultérieur, s'est trouvé pleinement confirmé par nos propres recherches sur d'autres Lichens ; toutefois, nous n'avons pas encore réussi à reconnaître la transformation des gonidies libres en nouveaux thalles.

Voici comment nous avons procédé dans nos essais de culture des gonidies :

PHYSCIA PARIETINA.

Plusieurs tranches minces prises sur le thalle ont été déposées sur des morceaux d'écorce de Sapin et de Tilleul, préalablement bouillis dans de l'eau pendant quelques minutes, et maintenus ensuite dans une atmosphère humide. Ces morceaux d'écorce étaient placés dans de petites soucoupes reposant sur le fond d'un vase de verre plus grand, dans lequel nous avons versé un peu d'eau et que nous avons recouvert d'une lame de verre; de cette manière, les morceaux d'écorce se sont conservés humides pendant des mois entiers, et n'ont eu que rarement besoin d'être humectés de nouveau.

Malgré les bons résultats que nous a fournis ce procédé de culture des gonidies conservées sur les tranches du thalle, nous avons préféré, dans la plupart des cas, une autre méthode qui avait pour objet d'isoler les gonidies : tout le thalle fut donc ou entièrement immergé dans l'eau pendant plusieurs semaines, ou seulement humecté par de l'eau qui tombait continuellement dessus goutte à goutte.

Les filaments du thalle se décomposèrent rapidement sous l'influence de l'eau, tandis que les gonidies conservèrent leur vitalité au milieu de la masse incolore et homogène formée par la désagrégation des filaments; le tout fut ensuite lavé dans de l'eau pure et déposé sur des morceaux d'écorce de Tilleul. Les gonidies, isolées de manière ou d'autre, ont toujours offert les mêmes changements, changements que nous allons faire connaître.

Chaque cellule gonimique, qu'elle soit renfermée dans le thalle ou qu'elle soit isolée, présente un grand nucléus central, ainsi qu'une grande vacuole latérale. Dans cet état, elle ressemble parfaitement à une Algue unicellulaire, le *Cystococcus* décrit par M. Nägeli, et représenté planche III, *E, e*, de l'ouvrage intitulé *Les Algues unicellulaires*. Nous avons réussi à observer plus tard chez les gonidies toutes les autres phases de développement du *Cystococcus* décrites par M. Nägeli, et à établir ainsi l'identité de cette Algue avec les gonidies isolées des *Physcia*. Pour mieux faire ressortir cette identité, nous allons

citer la description du *Cystococcus* donnée par Nägeli, et la comparer aux faits observés par nous sur les gonidies.

Nägeli décrit cette Algue de la manière suivante :

Cystococcus Näg., *Gattungen einzelliger Alg.*, p. 85, tab. III E.

Végétal composé de cellules d'abord simples, globuleuses, libres, vertes, offrant une vacuole ainsi qu'un nucléus dans leur intérieur, donnant plus tard naissance à une sorte de sac membraneux renfermant de nombreuses et petites cellules qui s'isolent après la résorption du sac.

Les gonidies augmentent d'abord de volume pendant les premiers jours, tout en conservant leur forme sphérique; mais, plus tard, elles subissent des changements qui correspondent aux métamorphoses observées sur le *Cystococcus* par M. Nägeli. Le plus remarquable de ces changements consiste dans la transformation du contenu des cellules gonimiques en zoospores; mais une partie seulement de gonidies y est sujette. Les autres, au contraire, se cloisonnent et se divisent en un grand nombre de cellules, qui, en s'arrondissant peu à peu, finissent par se disjoindre. Cette formation des zoospores a principalement fixé notre attention, tandis que nous n'avons observé qu'accidentellement le cloisonnement des cellules sphériques immobiles. La formation des zoospores est précédée d'un changement caractéristique du contenu des cellules. Les contours du nucléus et de la vacuole s'effacent peu à peu, disparaissent enfin sans laisser de traces, en même temps que le contenu de la cellule devient finement grenu, en offrant une structure homogène dans toute son étendue. Enfin la membrane de la cellule se déchire, et le contenu en sort sous la forme d'une petite sphère nettement circonscrite et ressemblant à une petite cellule qui serait accolée à la cellule mère. La protubérance, en augmentant rapidement de volume, atteint bientôt les dimensions de la cellule primitive, de sorte que le contenu occupe alors le double de son volume primitif. La cellule se vide alors, et son contenu se transvase en entier dans la protubérance, qui, à mesure qu'elle grandit, prend la forme d'un sac. A ce moment, la division du contenu en zoospores devient évidente, et l'on distingue à sa surface une

membrane très-mince qui se rompt bientôt, et par l'ouverture de laquelle sortent les zoospores les unes après les autres. Le plus ordinairement la membrane ne tarde pas à se dissoudre; quelquefois cependant on la retrouve intacte assez longtemps après.

Les zoospores ne présentent rien d'extraordinaire; elles sont allongées, amincies à la partie antérieure, et pourvues de ce côté de deux cils dirigés en avant. Au moyen de l'iode, on peut facilement reconnaître vers le milieu de chaque zoospore une formation nucléolaire, dont nous ne nous expliquons pas la nature. Les zoospores se meuvent pendant un certain temps dans l'eau, et deviennent ensuite immobiles. Nous ne sommes pas encore parvenus à éclaircir leur développement ultérieur, et toutes nos connaissances se bornent à constater que les zoospores immobiles augmentent de volume sans changer de forme, et finissent par atteindre deux ou trois fois leur diamètre primitif.

Le point le plus délicat et en même temps le plus important de ces recherches était de démontrer d'une manière incontestable que les cellules à zoospores étaient vraiment les cellules gonimiques, et non pas quelque autre organisme qui se serait accidentellement développé dans nos appareils. Nous croyons que les faits suivants vont le démontrer sans réplique :

1° Nous avons obtenu des zoospores au moyen de gonidies semées à la surface de morceaux d'écorce préalablement bouillis dans de l'eau, et purgés par conséquent d'organismes vivants. L'observation directe nous a démontré, en outre, que nos semis ne contenaient aucun autre organisme vert que les gonidies que nous avions déposées, et qu'elles n'étaient souillées que par quelques filaments d'un Hyphomycète, qui aura pu être transporté sur l'écorce, ou se trouvait dans l'eau au milieu de laquelle le Lichen avait macéré.

2° Les changements que nous venons de décrire furent non-seulement observés sur un grand nombre de cellules gonimiques libres, mais sur des gonidies encore pourvues d'un bout de filament qui les retenait. Ces dernières nous intéressaient surtout, puisque leur origine était incontestablement démontrée par le débris du filament qu'elles portaient; en effet, il suffisait de

constater sur l'une de ces cellules la sortie des zoospores pour ne plus douter de leur présence dans la classe des Lichens. Nous avons été assez heureux pour faire à plusieurs reprises cette observation. Nous représentons figure 6 une de ces cellules qui laisse échapper ses zoospores. Sous l'action de l'iode, sa membrane se colore en violet, tandis que l'extrémité du filament auquel elle est attachée jaunit très faiblement.

3° Nous avons également obtenu des zoospores de gonidies réunies en masse assez considérable. Nous remarquâmes alors que quelques-unes des cellules étaient déjà vidées ou laissaient échapper les zoospores, tandis que d'autres, au contraire, ne subissaient aucun changement.

4° Enfin nous avons trouvé sur l'écorce d'un Bouleau du jardin de l'Université des taches vertes exclusivement formées de gonidies libres, et complétement dépourvues de thalle. Ces cellules produisirent des zoospores parfaitement identiques avec celles des gonidies de nos semis.

La formation des zoospores par semis exige toujours plusieurs semaines. Les expériences suivantes le démontrent d'une manière précise :

Première expérience. — Des coupes verticales d'un thalle de *Physcia* furent déposées, le 13 mars, sur l'écorce de Sapin. La sortie des zoospores ne fut observée pour la première fois que le 19 avril.

Deuxième expérience. — Nous fixâmes, le 21 mars, un morceau d'écorce de Tilleul, avec le Lichen qu'elle portait, à la paroi extérieure d'un large vase de verre rempli d'eau, qui y tombait goutte à goutte, au moyen d'une mèche courbée faisant office de siphon, en longeant l'écorce qu'elle mouillait continuellement ainsi que le Lichen. Le 1er avril, les filaments du Lichen étaient désagrégés. Le 3 avril, nous transportâmes sur deux morceaux d'écorce les gonidies, ainsi que la masse muqueuse de filaments décomposés ; mais ce ne fut que le 20 avril que nous y aperçûmes pour la première fois des zoospores.

Troisième expérience. — Le Lichen fut tenu immergé jusqu'à la complète désagrégation des filaments, et, le 3 avril, nous

transportâmes sur du sable, sur de la terre et sur un morceau de bois pourri, des gonidies qui se laissaient facilement isoler; celles des deux premiers semis entrèrent bientôt en décomposition (évidemment par la trop grande humidité du sol), tandis que celles placées sur le morceau de bois réussirent très-bien. Le 15 mai, nous y observâmes déjà des zoospores.

Les gonidies qui ne donnèrent pas de zoospores se séparèrent en un grand nombre de cellules sphériques immobiles, parmi lesquelles nous distinguâmes deux formes de cellules : les unes présentant une protubérance dès le commencement de la division, les autres, au contraire, conservant jusqu'à la fin leur forme sphérique et régulière.

Nous avons soumis ces deux Lichens à des expériences semblables, avec la seule différence qu'au lieu de coupes verticales ou de gonidies déjà sorties du thalle, nous avons opéré au moyen de sorédies enlevées de la surface de ces Lichens, et semées, soit sur de l'écorce, soit sur des morceaux de bois pourri. Leurs gonidies se montrèrent parfaitement semblables à celles du *Physcia*, et par leur forme et par tout leur développement ultérieur.

Ces observations nous autorisent donc à émettre les propositions suivantes :

1° Non-seulement les Algues et les Champignons, mais les Lichens aussi sont pourvus de zoospores.

2° Les zoospores ont été découvertes dans trois genres bien différents de Lichens, savoir : *Physcia, Cladonia* et *Evernia*. Mais comme ces trois formes de Lichens chlorophyllacés n'ont pas été choisies à dessein, et seulement par la raison que nous les avions trouvées les premières dans nos excursions, il nous paraît très-probable que la présence de zoospores se constatera chez tous les autres Lichens pourvus de chlorophylle.

3° Nous avons démontré l'identité des gonidies libres avec l'Algue unicellulaire décrite sous le nom de *Cystococcus* par Nägeli ; il en résulte que cette dernière ne peut plus être considérée comme un genre spécial, puisque le *Cystococcus* ne représente qu'une phase du développement du Lichen.

4° La possibilité de cultiver ces gonidies des *Physcia*, *Clado-*

nia et *Evernia*, en dehors du thalle, nous fait espérer que l'on trouvera également chez d'autres Lichens des formes correspondantes à des Algues rudimentaires. Les recherches toutes récentes que M. Boranetzki vient de me communiquer par écrit fournissent de nouvelles preuves à l'appui de cette assertion ; en effet, en cultivant sur de la terre humide des coupes verticales de thalles de *Peltigera* et de *Collema*, il en a vu les filaments se désagréger, les gonidies augmenter de volume et se transformer en glomérules composés de cellules sphériques. Les cellules gonimiques du *Peltigera* et du *Collema* continuèrent à vivre hors du thalle, et celles du *Peltigera* présentèrent des formes identiques avec l'Algue décrite sous le nom de *Polycoccus ;* celles du *Collema* produisirent des organismes comparables à ceux qu'on observe chez le Nostoc.

Il en résulte donc que ces trois genres d'Algues, considérés comme différents, ne sont autre chose que les gonidies de Lichens, développés hors du thalle qui leur avait donné naissance.

EXPLICATION DE LA PLANCHE 16.

Physcia.

Fig. 1. Une gonidie libre prise dans le thalle et dans laquelle on voit la vacuole et le nucléus.

Fig. 2. Gonidie se préparant à émettre ses zoospores ; la vacuole et le nucléus ont disparu.

Fig. 3. Gonidie au moment de l'émission du sac membraneux qui renferme les zoospores.

Fig. 4. Gonidie après l'émission des zoospores ; le sac ne renferme plus qu'une zoospore immobile.

Fig. 5. Trois zoospores tuées par l'iode, montrant leurs deux cils.

Fig. 6. Cellule de gonidie colorée par l'iode et à laquelle adhèrent encore quelques lambeaux du tissu propre (*Hypha*).

Cladonia Sp.

Fig. 7. Gonidie libre.

Fig. 8. Gonidie se préparant à émettre ses zoospores.

Fig. 9. Gonidie au moment de la sortie des zoospores.

Fig. 10. Sac membraneux renfermant les zoospores au moment de sa sortie de la gonidie.

Fig. 11. Zoospores isolées et traitées par l'iode.

Fig. 12. Gonidie vidée, traitée par l'iode et à laquelle adhèrent des lambeaux d'*Hypha*.

Physcia parietina.

Fig. 13 à 19. Plusieurs cellules gonimiques se partageant ou donnant naissance à des globules immobiles.

RECHERCHES

SUR

L'ASSIMILATION DES SUBSTANCES MINÉRALES PAR LES PLANTES,

Par M. P. P. DEHÉRAIN.

(Mémoire couronné par l'Académie des sciences. Prix Bordin, 1865.)

L'analyse des cendres de deux plantes d'espèces différentes, développées sur le même sol, accuse des différences assez notables pour qu'il ne soit pas douteux que ces plantes ne puisent pas dans le sol des principes identiques; c'est le mécanisme de cette absorption élective que nous étudions dans ce mémoire.

Il est divisé en six chapitres.

Nous avons d'abord rappelé brièvement les faits qu'il s'agit d'interpréter. Les analyses de cendres sont nombreuses. En réunissant les chiffres qui indiquent la composition des cendres d'organes semblables pris dans différentes familles, on reconnaît que parfois (graines, feuilles, tiges ligneuses) la composition de ces cendres est fort analogue, parfois aussi très-différente (tiges herbacées, racines).

Bien que cette comparaison soit déjà plus instructive au point de vue spécial où nous sommes placé que celle qui naîtrait de l'examen de la composition des cendres des plantes entières; pour entrer plus avant dans notre sujet, nous cherchons, dans notre second chapitre, à déterminer l'état dans lequel se trouvent les principaux minéraux répandus dans les végétaux.

L'étude de la racine, organe d'absorption, forme notre troisième chapitre.

Le quatrième est consacré à l'examen rapide d'une théorie reposant sur l'existence de l'exosmose dans les racines; nous sommes bientôt conduits à la rejeter, car elle s'appuie sur une

hypothèse impossible à démontrer par l'expérience et probablement erronée.

Pour pénétrer la cause qui détermine l'absorption élective des substances minérales, nous abandonnons alors la marche suivie par nos devanciers, Th. de Saussure, Trinchinetti, Wolf, pour étudier, à la suite de Th. Graham, les phénomènes de diffusion. Nous cherchons comment des sels de différentes natures, à différents degrés de concentration, pénètrent par diffusion au travers d'une paroi poreuse; nous reconnaissons l'influence qu'a sur leur accumulation la nature de la matière dissoute dans l'eau du vase poreux. Nous examinons encore la manière dont se répartit, dans une mèche de coton, dans des bandelettes de tulle qui nous servent d'organes d'évaporation, des substances solubles dans l'eau pure et dans l'eau chargée d'acide carbonique. Nous arrivons par cette méthode, dans laquelle nous faisons varier à volonté toutes les données du problème, à formuler des conclusions basées sur l'expérience, sur les mouvements des sels dans les liquides, et revenant, dans notre sixième chapitre, sur les faits principaux qu'il s'agit d'interpréter, nous parvenons à indiquer comment les phosphates, les bases, la silice, le carbonate de chaux peuvent s'accumuler dans certains organes déterminés, et comment enfin, suivant l'importance qu'a dans la plante entière chacun de ces organes, la composition des cendres d'espèces différentes doit être très-variée.

PREMIÈRE PARTIE.

DES MATIÈRES MINÉRALES EXISTANT DANS LES VÉGÉTAUX ET DES ÉTATS SOUS LESQUELS ELLES S'Y TROUVENT.

CHAPITRE PREMIER.

I

QUANTITÉS DE CENDRES LAISSÉES PAR LES VÉGÉTAUX.

On sait depuis un temps immémorial que les végétaux laissent à l'incinération des parties fixes, des cendres; mais on ne

s'est préoccupé du poids et de la composition de la partie minérale des plantes qu'à la fin du XVIIIe siècle et au commencement de celui-ci.

Kirwan et Buckert (1), les commissaires des manufactures de salpêtre, remarquèrent d'abord que les plantes herbacées laissent plus de cendres, à égalité de poids, que les plantes ligneuses. Pertuis montra de plus que les branches des arbres en fournissent plus que le tronc, et enfin que les feuilles contiennent encore plus de substances minérales que les branches elles-mêmes. On n'avait cependant, sur la quantité de cendres que fournissent les diverses parties des végétaux et surtout sur la composition de ces cendres, que des idées très-vagues avant les travaux de Th. de Saussure. Il a donné, dans ses immortelles *Recherches chimiques sur la végétation*, les résultats d'une longue série d'incinérations de divers végétaux; il a analysé avec toute la précision possible à cette époque les cendres elles-mêmes, et si plus tard M. Berthier (2), M. Boussingault (3), MM. Malaguti et Durocher (4), les chimistes anglais Way, Ogston et autres (5), ont apporté à ces recherches une précision plus grande, d'accord avec les progrès de la science, il faut bien avouer qu'ils n'ont fait souvent que confirmer les résultats obtenus par de Saussure.

§ I. — Les quantités de cendres varient avec les organes incinérés.

La première question qu'on doit se poser dans la recherche qui nous occupe est de déterminer la quantité de cendres que laissent les végétaux. On trouve en général cette quantité très-faible; les bois renferment de 2 à 4 millièmes de cendres; dans les écorces, qui sont beaucoup plus riches, cette proportion varie de 1 centième à 8 centièmes; les plantes vertes renferment de

(1) Cités par Th. de Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, 1804.

(2) *Mémoires d'agriculture publiés par la Société impériale centrale d'agriculture*, 1853.

(3) *Économie rurale.*

(4) *Ann. de chim. et de phys.*, 5e série, t. LIV, p. 257.

(5) *The Journal of the royal agricultural Society of England*, t. XIII.

1 à 3 ou 4 centièmes de cendres, et on serait tenté au premier abord de nier l'utilité de ces principes minéraux, qui ne se rencontrent dans les végétaux qu'en si petites quantités, et de reléguer dans les jeux de l'esprit les études sérieuses auxquelles les cendres ont donné lieu, si la constance avec laquelle certains principes minéraux se rencontrent dans les plantes; si de nombreuses expériences où l'on a vu des végétaux rester chétifs et malingres quand ils étaient privés de matières minérales solubles, devenir au contraire vigoureux et sains quand on leur fournissait les substances qu'on rencontre dans les cendres d'espèces semblables, ne démontraient pleinement que quelques-uns de ces principes ont une importance capitale pour le développement des plantes.

Quand on veut étudier avec plus de détails les quantités de cendres laissées par les végétaux, on est conduit immédiatement à distinguer les diverses parties de la plante les unes des autres et à déterminer les poids de cendres fournis par chacune d'elles. Il est extrêmement important dans cette recherche de tenir compte des quantités d'eau que renferme l'organe incinéré; les feuilles notamment se dessèchent assez vite, et si l'on se contentait, par exemple, d'incinérer les feuilles jaunies qui se trouvent presque toujours au pied du froment et de comparer leur teneur en cendres avec les feuilles vertes du sommet, on trouverait une différence notable et l'on pourrait croire à une augmentation considérable de matières minérales, tandis qu'il n'y aurait en réalité qu'une perte d'eau.

§ II. — Quantités de cendres contenues dans les feuilles.

Cette cause d'erreur est signalée par Th. de Saussure et il a su l'éviter; nous pouvons donc admettre les nombres qu'il donne comme exacts et conclure avec lui que les cendres augmentent dans les feuilles à mesure qu'elles sont plus anciennes; on conçoit facilement que les feuilles étant des appareils d'évaporation, la quantité de matières minérales s'y accroisse à mesure que ces appareils auront fonctionné plus longtemps; mais

nous reconnaîtrons cependant plus loin que l'explication complète de l'augmentation des cendres dans les feuilles âgées exige une analyse du phénomène, plus minutieuse qu'on ne l'aurait cru d'abord. Le fait, au reste, n'est pas douteux. D'abord établi par Th. de Saussure, il a été pleinement confirmé par des incinérations dues à M. L. Garreau (1). Ce naturaliste a incinéré, dans dix-sept espèces végétales différentes, les deux premières feuilles du bourgeon, puis quinze jours après l'épanouissement les deux premières feuilles de l'axe, puis enfin les deux premières feuilles de l'axe prises le 1er juillet et le 30 septembre; il a vu les quantités de cendres passer de 7,115 à 7,875, à 8,790 et enfin à 10,08; les mêmes faits ressortent encore très-nettement du dosage des matières minérales fixes contenues dans chaque feuille d'une pousse de l'année recueillie le 30 septembre; on trouve toujours que les feuilles les plus anciennes sont les plus riches en matières minérales; ainsi, dans un Tilleul, la première feuille, prise à la base du rameau, renfermait 9,60 de cendres, et la huitième, plus jeune, prise au sommet, 7,60. Dans un Orme, la feuille la plus ancienne renfermait 16,00 et la plus jeune 9,50 de cendres; dans un Abricotier, la différence a été encore plus considérable, puisque les cendres ont passé de 7,65 à 14,38. M. le docteur Zoeller, de son côté, a analysé des feuilles de Hêtre provenant du Jardin botanique de Munich, à différentes périodes de leur développement; tandis que les feuilles cueillies le 16 mai renfermaient une quantité de cendres variant de 4,65 à 5,76, les feuilles prises le 18 juillet en renfermaient 7,57 et le 15 octobre 10,15 (2).

M. Garreau a signalé aussi ce fait très-intéressant que, dans les végétaux aquatiques submergés, où par conséquent il n'y a pas d'évaporation, les feuilles les plus anciennes sont encore les plus chargées de sel; la différence est souvent considérable, habituellement de moitié entre les feuilles de la région moyenne

(1) *Ann. des sc. nat.*, t. XIII, 4e série, 1860, p. 163.

(2) *Les lois naturelles de l'agriculture*, par M. Justus de Liebig, t. II; Appendice.

de l'axe et celles de la partie supérieure ; elle peut être parfois du triple.

Th. de Saussure avait montré que les feuilles des arbres verts, qui évaporent moins que celles des arbres à feuilles caduques, renferment moins de cendres ; toutefois cette quantité va en augmentant avec l'âge, et cela dans une proportion assez considérable.

§ III. — Quantités de cendres dans le bois.

Quand on incinère le bois en distinguant l'écorce, l'aubier et le cœur, on trouve dans chacune de ces parties des quantités de cendres très-différentes ; ainsi, d'après Th. de Saussure, 1000 parties de bois de Chêne sec séparé de l'aubier renfermeraient seulement 2 de cendres ; l'aubier en donnerait 4 et l'écorce des troncs de Chêne précédents 60. Mille parties de tronc écorcé de Peuplier renfermeraient 8 de cendres, tandis que l'écorce en donnerait 72.

Nous avons eu nous-même occasion de vérifier le fait. Ainsi nous avons trouvé 0,287 de cendres pour 100 de cœur de Chêne, 0,550 de cendres pour 100 d'aubier du même Chêne, tandis que l'écorce renfermait sur 100 parties 5,637, quantité vingt fois et dix fois plus forte que celle qu'on trouve dans le cœur et dans l'aubier.

§ IV. — Quantités de cendres contenus dans les racines.

Les quantités de cendres contenues dans les racines sont en général plus faibles que celles fournies par les organes aériens ; ainsi le professeur Johnston a trouvé que pour 1 kilogramme de matière, les racines de Turneps fournissaient 80 de cendres et les feuilles 130, les tubercules de Pommes de terre 40 et les feuilles 180, les racines de Tabac 70 et les feuilles 230. M. Garreau a remarqué que les cendres diminuaient dans les racines terrestres avec l'âge ; ainsi les fibrilles âgées de l'*Helianthus tuberosus* fournissaient 12,70 de cendres, tandis que les jeunes en donnaient 15,90 ; on trouvait encore des résultats analogues pour le *Ribes rubrum* et le *Mercurialis annua ;* mais le fait deve-

nait encore plus saillant quand il était observé sur des racines de Noyer : une jeune racine de cinq dixièmes de millimètre de grosseur laissait 4,30 de cendres, et une racine de 1 décimètre de grosseur 1,56 seulement.

§ V. — Quantités des cendres contenues dans les plantes herbacées.

Les tiges des plantes vertes renferment plus de cendres que l'aubier et que le bois; ces proportions s'élèvent facilement à un centième des plantes vertes et à près d'un dixième des plantes sèches; si l'on étudie la manière dont varient les cendres à mesure que la plante devient plus âgée, il est essentiel de tenir compte à la fois de la quantité d'eau contenue dans les organes incinérés et de l'augmentation de la matière végétale, pour ne pas être conduit à des conclusions erronées. Th. de Saussure a trouvé 16 grammes de cendres dans 1 kilogramme de Fèves vertes le 23 mai; cette proportion avait atteint 20 grammes le 23 juin. Dans 1 kilogramme d'*Helianthus annuus* vert le 10 juillet, on avait trouvé 13 grammes de cendres, la proportion était devenue 23 grammes à la fin de septembre au moment de la maturité; mais cette augmentation n'est pas réelle, elle est due à la dessiccation qui s'est opérée dans la plante entière, et si l'on fait les dosages non plus sur les plantes vertes, mais bien sur les plantes sèches, on trouve que la proportion de cendres semble au contraire avoir diminué. Le 23 mai, 1 kilogramme de Fèves sèches renfermait 150 grammes de cendres, et seulement 122 grammes le 22 juin; 1 kilogramme d'*Helianthus* sec donnait 187 grammes de cendres le 23 juillet, et seulement 103 grammes à l'époque de la maturité. On commettrait toutefois une erreur grave si l'on supposait que la quantité de cendres a réellement diminué dans la plante, car elle augmente, au contraire, jusqu'à la maturité; mais les principes hydrocarbonés, détruits au moment de la calcination, augmentent encore davantage, et la proportion centésimale de cendres se trouve ainsi plus faible.

On trouve encore une nouvelle preuve de ces variations dans le mémoire de M. Isidore Pierre sur le Colza (1). La richesse en

(1) *Étude sur le Colza* (*Ann. de chim. et de phys.*, t. LX, 1860, p. 151).

principes minéraux des sommités de rameaux portant leurs fleurs ou leurs siliques pleines éprouve une diminution sensible pendant tout le cours de la végétation, puisque 1 kilogramme de matière renferme, le 22 mars, 102 grammes de cendres, et seulement 75 grammes le 20 juin; et, cependant, si l'on détermine la quantité de cendres laissées par la récolte d'un hectare, on trouve que la proportion due aux sommités des rameaux est de 21 kilogrammes au 22 mars et de 377 kilogrammes le 20 juin.

II

COMPOSITION DES CENDRES DES VÉGÉTAUX.

§ VI. — Énumération des principes minéraux qu'on rencontre dans les végétaux.

Les substances minérales que renferment les végétaux sont assez nombreuses. Les analyses précises exécutées sur les végétaux terrestres ont montré qu'on rencontre dans leurs cendres en quantité notable de la chaux et de la magnésie ; la potasse y existe en proportions souvent assez considérables; elle est même habituellement retirée des cendres des plantes terrestres, et les anciens chimistes la désignaient sous le nom d'*alcali terrestre*, par opposition à la soude qu'ils appelaient alcali marin, parce qu'ils l'extrayaient des plantes marines. La soude n'est pas aussi commune dans les plantes que pourrait le faire croire le procédé de dosage défectueux qu'on emploie habituellement pour la déterminer. M. Péligot a indiqué récemment les végétaux, en nombre assez restreint, dans lesquels il a pu constater directement la présence de cette base (1). La méthode si élégante et si précise de l'analyse spectrale est venue montrer, dans ces dernières années, qu'à côté des bases précédentes, on rencontrait encore dans les végétaux de la lithine; sa présence a été signalée dans la cendre de tous les bois de l'Odenwald, dans les potasses commerciales de la Russie, dans les cendres des feuilles de Vigne, de Tabac, de Raisins, dans les cendres des Céréales du Palatinat; on a trouvé aussi récemment des traces d'un nouvel alcali, l'oxyde de *Rubidium*, dans les cendres d'un grand nombre

(1) *Comptes rendus*, 1867, t. LXV, p. 729.

de variétés de Tabac ; on l'a rencontré encore dans le Café et dans la Betterave (1). Si la présence de l'alumine dans les cendres est douteuse, celle des oxydes de fer et de manganèse y est parfois très-évidente, et il est rare de brûler du bois, des fruits ou des feuilles, sans voir les cendres présenter une teinte rougeâtre, due à l'oxyde de fer, ou verdâtre, qu'il faut attribuer à la formation de petites quantités de caméléon minéral (manganate de potasse).

Le manganèse et le fer paraissent être plus abondants encore dans les plantes aquatiques ; le docteur Zoeller a constaté la présence de ces métaux dans le *Nymphæa cærulea*, *dentata* et *Nuphar luteum*, l'*Hydrocleis Humboldtii*, le *Nelumbiun asperifolium ;* la *Victoria regia* renferme du manganèse dans le pétiole, et du fer surtout dans les feuilles.

Le zinc même existe, dit-on, dans les cendres de quelques espèces végétales, et on assure que la *Viola calaminaria* est si caractéristique pour les gisements de zinc des environs d'Aix-la-Chapelle, que ses stations ont servi de guide dans la recherche des mines de ce métal (2).

M. Meyer (de Copenhague) affirme que la graine de Froment et de Seigle renferme, comme élément constant, une petite raction de cuivre ; M. De Luca (3) a reconnu par l'analyse directe, et M. L. Grandeau au moyen de l'analyse spectrale, que le cuivre se rencontre en effet dans les cendres de plusieurs espèces végétales (4).

Parmi les acides, on trouve dans les plantes l'acide silicique parfois avec abondance, et il peut y former des concrétions ransparentes. On sait notamment que le *Tabaschir*, concrétion siliceuse formée dans le grand Bambou de l'Inde, étudiée par

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LXVII, 1863. *Recherches du Rubidium et du Cæsium dans les eaux minérales, les végétaux et les minéraux*, par M. L. Grandeau.

(2) *Les lois naturelles de l'agriculture*, t. II, p. 66. Cette observation, qui aurait sans doute besoin de confirmation, est attribuée à M. Alex. Braun.

(3) De Luca, *Recherches chimiques sur les éléments minéraux contenus dans quelques plantes épiphytes* (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 244 (1861).

(4) On a toutefois reconnu récemment que le cuivre provenait souvent des supports métalliques sur lesquels avait eu lieu la calcination.

M. Guibourt (*Journal de pharmacie*, 1855), ressemble à l'*Opale hydrophane*. L'acide sulfurique y est toujours en bien plus faible proportion. Depuis que l'attention des chimistes s'est portée sur l'acide phosphorique, on n'a pas tardé à le trouver en quantité notable dans diverses parties des végétaux, et notamment dans les graines; l'acide carbonique se trouve aussi dans les végétaux. Ce serait cependant une faute grave que de supposer que tous les carbonates qu'on rencontre dans les cendres préexistaient dans les plantes ; ces carbonates proviennent surtout de la décomposition par le feu des acides organiques unis dans la plante avec les alcalis.

Le chlore et l'iode se trouvent dans les plantes unis aux métaux alcalins, et on sait qu'aujourd'hui encore l'iode employé dans les arts est presque entièrement extrait des cendres des plantes marines, où il ne se rencontre cependant qu'en faible quantité.

§ VII. — Distribution des principes minéraux dans les familles naturelles.

Si l'on compare les unes aux autres les analyses de cendres provenant de végétaux d'une seule et même espèce ayant cru sur des sols différents, on trouve que la composition des cendres ne varie que médiocrement, surtout si l'analyse porte sur des végétaux cultivés, qui se sont développés sur des sols toujours amendés à peu près d'une façon analogue ; c'est ainsi qu'en faisant l'analyse de la cendre de la paille de froment, on trouve toujours qu'elle renferme de 65 à 70 pour 100 de silice ; en examinant les cendres de la graine de cette même céréale, on les trouve encore toujours à peu près uniquement formées de phosphates ; mais les différences deviennent plus sensibles quand on examine des plantes venues sans culture sur des sols différents.

Ces différences toutefois ne sont pas en général assez considérables pour qu'il ne soit pas aisé de reconnaître que les plantes de certaines familles ont une préférence marquée pour tel ou tel principe minéral.

C'est ainsi que les analyses de MM. Malaguti et Durocher éta-

blissent que certaines plantes renferment des quantités de silice considérables : telles sont les Graminées, les Fougères et les Bruyères. Cette quantité diminue considérablement dans les Légumineuses, tandis qu'au contraire la potasse s'y accumule, et que, dans des terrains calcaires, la chaux y atteint une proportion énorme analogue à celle qui existe dans les arbres (1).

Les analyses portant sur les cendres fournies par des plantes entières n'ont pas cependant l'intérêt qu'on leur attribuait autrefois ; on avait supposé, à priori, que les différents éléments minéraux qu'on rencontre dans les cendres y présentent une importance égale; mais des expériences directes sont bientôt venues démontrer que ces conclusions étaient très-exagérées, et l'insuccès que nous avons éprouvé en amendant des cultures de Betteraves et de Pommes de terre avec des sels de potasse; l'influence remarquable, au contraire, qu'a exercé cet alcali sur le froment nous a démontré qu'il était impossible de déduire de la composition des cendres d'une plante, la nature des engrais qu'il convenait de lui donner (2) ; aussi nous nous bornerons à placer sous les yeux du lecteur les tableaux indiquant la richesse des cendres de différents organes en certains principes minéraux déterminés.

§ VIII. — Composition des cendres d'organes semblables pris dans des végétaux différents.

On reconnaîtra ainsi que les phosphates dominent singulièrement dans les graines ; que les substances insolubles dans l'eau pure, mais solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, existent en proportions très-notables dans les feuilles, qu'il en est encore de même dans les bois; mais qu'au contraire il est impossible d'établir rien d'analogue pour les tiges herbacées ou les tubercules.

(1) Voyez dans le beau travail de MM. Malaguti et Durocher, *Ann. sc. nat.*, 4e série, 1858, vol. IX, p. 222, et *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, t. LIV, 1858, le tableau D, p. 296.

(2) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 863 et 971, 1867, et t. LXVI, p. 322 et 494, 1868. Voyez aussi *Bulletin de la Société chimique*, t. VII, nouv. série, 1867, p. 8 et 75. — Cette même conclusion a été formulée par MM. Lawes et Gilbert (voy. *Revue des cours scientifiques*, 5e année, 1867-1868).

COMPOSITION DES CENDRES DES GRAINS.

Analyses de Berthier.

RICHESSE EN PHOSPHATE de 100 parties de cendres provenant de		PHOSPHATE de potasse.	PHOSPHATE de chaux.	PHOSPHATE de magnésie.	PHOSPHATE de manganèse.	TOTAL des phosphates.
Grains à l'état naturel	Blé blanc, dit blé Chartrain.	50,00	22,00	28,00	.....	100,00
	Blé d'Egypte.	51,70	20,00	28,30	.....	100,00
	Seigle.	48,50	29,20	.....	18,30	100,00
	Orge.	12,50	15,00	25,00	.....	52,50
	Avoine.	7,50	16,50	20,00	.....	44,00
	Riz de la Camargue.	24,10	24,10	24,10	.....	72,30
	Maïs de Nemours........	41,50	18,50	38,00	.....	98,00
	Haricots de Soissons.	42,70	8,40	14,30	.....	65,40
	Haricots flageolets.......	76,80	9,70	6,40	.....	82,90
	Pois verts.............	66,70	22,20	6,60	.....	95,50
	Lentilles de la grande espèce	61,70	6,50	19,60	.....	87,80
	Moutarde blanche.......	26,30	39,80	23,90	.....	89,20
Grains décortiqués.	Gruau.	50,00	15,40	33,10	.....	98,50
	Orge perlé.	36,60	25,00	21,60	.....	83,20
	Riz de la Caroline.	57,00	23,00	20,00	.....	100,00

COMPOSITION DES CENDRES DES BOIS ET DES FEUILLES.

Analyses de Berthier et de M. Zoeller.

RICHESSE EN CARBONATE de chaux et en silice de 100 parties de cendres provenant de		Carbonate de chaux.	SILICE.	ACIDE phosphorique.	TOTAL.
Bois...........	Mûrier Moretti...............	47,93	.....	.....	47,93
	Pin de Bordeaux.............	68,74	6,43	.....	75,17
Feuilles vivantes..	Mûrier Lhou.................	53,00	27,70	.....	80,70
	Pin de Bordeaux.	65,82	2,60	.....	68,42
	Vigne de Nemours............	51,00	10,20	.....	61,20
	Maïs à bec..................	11,00	33,00	.....	44,00
Feuilles mortes...	Mûrier Lhou.	53,73	26,19	.....	78,92
	Pin de Bordeaux.............	84,90	1,60	.....	86,50
	Noyer de Nemours............	73,17	4,74	.....	77,91
	Marronnier d'Inde........	48,80	24,00	.....	72,80
	Platane.	54,00	.....	.....	54,00
	Peuplier suisse...............	84,80	7,00	.....	91,80
	Vigne de Nemours.	62,62	6,63	.....	69,25
Feuilles du Hêtre à différentes époques de sa croissance.	1re période, 16 mai 1861.......	17,55	1,19	24,21	
	2e période, 18 juillet 1861......	47,25	13,37	5,18	
	3e période, 14 octobre 1861.....	60,80	20,68	3,48	
	4e période, fin novembre 1861...	60,94	24,37	1,95	

COMPOSITION DES CENDRES DE DIFFÉRENTES TIGES (100 DE CENDRES).

Analyses de Berthier.

COMPOSITION DES CENDRES.	VIGNE de Nemours.	MILLET à épis.	LIN.	LIN roui.	ROSEAUX de Nemours.	PAILLE de Froment.	PAILLE de Seigle.	FOIN de Nemours.	LUZERNE de Nemours.	HARICOTS du Canada.	CANNES à sucre.
Potasse	16,00	3,50	....	Le Lin roui ne contient plus de substances minérales.	....	3,40	....	....	....	....	22,00
Carbonates de potasse et de soude	16,40	29,40	32,68		....	....	18,50	12,20	14,44	15,52	
Chlorure de potassium	2,20	1,10	1,64		0,78	2,90	3,00	3,64	1,90	1,94	
Sulfate de potasse	4,40	4,00	6,68		3,40	0,30	5,00	1,30	2,66	1,94	
Phosphate de potasse	....	2,00	....		....	....	0,40				
Silicate de potasse	....	....	....		4,00						
Chaux	....	....	....		....	15,70	....	....	....	....	10,10
Carbonate de chaux	49,82	8,20	32,04		6,00	....	0,50	21,62	64,26	65,38	
Carbonate de magnésie	3,85	....	3,54		....	....	....	7,39	6,07		
Acide carbonique	....	....	....		1,00						
Oxyde de fer	....	....	....		....	2,60					
Phosphate de chaux	15,70	7,40	20,06		6,60	9,10	9,10	11,31	8,43	5,80	
Phosphate de magnésie	....	....	....		....	....	....	....	....	2,17	
Phosphate de fer	1,83	0,90	....		....	....	....	1,64	....	1,45	
Phosphate de manganèse	»	»	»		»	»	»	»	»	»	
Acide phosphorique	....	....	....		....	1,20					
Silice	5,80	43,20	2,36		78,22	73,90	61,50	39,80	4,24	5,80	68,00

CHAPITRE II.

DE L'ÉTAT SOUS LEQUEL SE RENCONTRENT LES SUBSTANCES MINÉRALES DANS LES PLANTES.

Il ne nous suffit pas d'avoir rappelé les travaux des analystes qui ont établi la composition des cendres des plantes et de les avoir groupés de façon à montrer que des organes semblables renfermaient souvent des principes identiques, il nous faut aller plus loin et chercher à déterminer à quel état ces principes minéraux se trouvent contenus dans les plantes.

Les essais auxquels nous nous sommes livrés sur cette question nous ont conduit à distinguer les substances minérales engagées dans de véritables combinaisons ou retenues par simple affinité capillaire, de celles qui paraissaient déposées par l'évaporation de l'eau chargée d'acide carbonique qui les tenait en dissolution.

Nous passerons successivement en revue les substances minérales les plus abondantes dans les plantes en cherchant à déterminer l'état sous lequel on les y rencontre.

§ IX. — De l'état dans lequel se rencontrent les bases dans les végétaux.

Potasse. — Il n'est pas douteux que cette base se rencontre souvent dans les plantes combinées aux acides végétaux; on la trouve dans les *Oxalis* unie à l'acide oxalique; dans les Raisins, à l'acide tartrique; dans les Pommes de terre, combinée sans doute à l'acide citrique; dans les Betteraves, unie à l'acide oxalique et à l'acide malique, et l'on comprendra qu'elle n'ait pas toujours l'importance qu'on voulait lui attribuer naguère; nous démontrerons plus loin que si un acide se développe dans une plante, son apparition détermine l'absorption élective des bases, et l'on conçoit que si l'acide sécrété n'est lui-même qu'un principe secondaire n'ayant qu'une importance médiocre pour la végétation, la potasse qui le sature peut n'avoir qu'une très-faible influence sur le développement de la plante elle-même, de sorte que celle-ci ne profitera que très-peu de l'abondance de la potasse qu'elle rencontrera dans le sol.

Nous avons encore observé en 1866 que la Luzerne ne profitait que médiocrement des engrais de potasse; mais ces expériences ne nous paraissent pas avoir le degré de certitude des précédentes, parce que le sol sur lequel nous avons opéré était très-riche en potasse soluble; malheureusement, au moment de ces essais, il n'existait pas d'autre luzernière sur le domaine de Grignon.

Si la potasse n'a dans certains cas qu'un rôle secondaire, il ne paraît pas en être toujours ainsi. M. G. Ville avait indiqué, par des expériences synthétiques exécutées en 1860, que du Froment végétait misérablement dans un sol absolument privé de potasse, et nous avons reconnu nous-même, dans nos cultures de 1866 et de 1867, que l'emploi des sels de potasse sur le Froment était rémunérateur (1); il est possible que la potasse combinée à l'acide phosphorique fasse partie intégrante de la matière albuminoïde, et qu'ainsi cette base soit utile pour les plantes qu'on cultive en graines, mais au contraire inutile pour les végétaux dont on ne recherche que les tubercules ou les tiges.

Quoi qu'il en soit des prévisions que nous indiquons ici, quant à l'utilité des sels de potasse pour les végétaux cultivés pour graines, il ne paraît pas douteux pour nous que le Froment a bénéficié de son emploi si complétement dans nos cultures de 1866 et de 1867, qu'il peut être utile de préconiser l'emploi de cet amendement dans ce cas.

Chaux. — La chaux se trouve aussi très-souvent combinée aux acides végétaux; suivant Turpin (2) et M. Schleiden (3), on la rencontre notamment à l'état d'oxalate. M. Payen (4) a fait de cette question une étude approfondie et il a reconnu l'oxalate de chaux dans un grand nombre de plantes phanérogames. « On le rencontre ordinairement en cristaux transparents irradiés ou groupés en sphéroïdes hérissés de pointes appartenant en appa-

(1) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 863 et 971 (1867), et t. LXVI, p. 322 et 494 (168).

(2) *Mémoires sur les Biforines*, 1836.

(3) *Beitrâgen zur Anatom. der Cacteen*, 1839.

(4) Cinquième mémoire *Sur le développement des végétaux : Concrétions et incrustations minérales*, par M. Payen (*Mémoires des savants étrangers*).

rence à des rhomboèdres, des octaèdres ou des prismes rectangulaires et terminés soit par des pyramides à quatre faces, soit par des faces irrégulières ou gradins anguleux. Ces cristaux ne sont pas régulièrement déterminables. » L'oxalate de chaux a été reconnu dans les feuilles des *Citrus* et *Limonia*, dans celles du *Juglans regia*, du *Juglans nigra* et du *Juglans cinerea;* M. Payen assure avoir trouvé dans un Cactus desséché 70 pour 100 du poids net en oxalate de chaux.

Si la chaux se trouve ainsi combinée avec les acides sécrétés par l'organisation végétale, elle existe souvent aussi à l'état de carbonate et simplement déposée par évaporation; en effet, si on lave des feuilles avec de l'acide chlorhydrique étendu, on finit par leur enlever toute la chaux qu'elles renferment, et si l'on opère, comme l'a fait M. Payen, sous le champ du microscope, on peut observer le dégagement de l'acide carbonique. « On coupe en tranches très-minces le parenchyme vert par un plan perpendiculaire aux faces de la feuille, ou les nervures par un plan parallèle à leur axe. On remarque alors, en observant au microscope, des incrustations brunes dans les coins entre les cellules et même irrégulièrement étendues autour de leurs parois. Les cellules ainsi incrustées se montrent en nombre plus ou moins considérable suivant l'âge des feuilles et l'espèce de la plante, sans doute aussi suivant la nature du sol. »

» Quoi qu'il en soit, il suffit parfois de mettre de l'acide chlorhydrique étendu de dix volumes d'eau en contact avec ces tranches pour voir le carbonate de chaux se dissoudre et le gaz enfermé dans les méats presser et entourer les cellules. »

Cette observation de M. Payen, exécutée sur les feuilles de *Mesembrianthemum cristallinum*, de *Maclura aurantiaca*, de *Forskalea tenacissima* (nervures), de *Juglans regia*, sur les feuilles du *Solanum tuberosum*, de *Sorocea*, de *Polygonum Fagopyrum*, cette observation, disons-nous, est importante, car elle montre que si les carbonates qu'on rencontre avec abondance dans les cendres peuvent provenir de la décomposition ignée de sels à acides organiques, ils existent souvent aussi tout formés dans les végétaux.

§ X. — De l'état des acides et des sels dans les végétaux.

Silice. — La silice se trouve encore dans les plantes à deux états différents : tantôt elle semble engagée dans une combinaison assez fixe pour résister à l'action des réactifs faibles, tantôt au contraire ceux-ci la dissolvent parfaitement.

On a d'abord étudié l'état de la silice dans des tiges de diverses natures; elles ont été soumises à l'action d'une dissolution de soude ou de potasse étendue marquant 1 degré au pèse-sel et bouillante; on avait soin de renouveler l'eau à mesure qu'elle s'évaporait; on terminait l'opération par un lavage à l'acide chlorhydrique étendu pour enlever l'alcali, et enfin par des lavages à l'eau pure jusqu'à disparition de la réaction acide, on a ainsi trouvé les résultats suivants :

Silice contenue dans différentes tiges avant et après les lavages avec une dissolution de potasse étendue et bouillante.

NOMS DES PLANTES EN EXPÉRIENCES.	SILICE dans 100 de cendres de la plante normale.	SILICE dans 100 de cendres de la plante lavée.
Seigle en fleurs (mai 1865)	38,2	68,00
Blé vert, non encore en fleurs (mai 1865)	40,0	87,00
Paille de Froment (août)	70,0	93,00
Bois de Chêne	21,0	0,00
Bagasse de Canne à sucre	67,6	25,92
Bagasse de Canne à sucre	67,6	53,42

On voit que les tiges des Céréales ont abandonné à la lessive de soude et à l'acide chlorhydrique étendu, employés dans les lavages, presque toutes les matières minérales autres que la silice, mais que celle-ci au contraire a persisté jusqu'à former presque la totalité des cendres; on voit en même temps que le bois de Chêne a au contraire perdu toute la silice qu'il renfermait et que la bagasse de Canne à sucre a perdu une quantité notable de cette silice qui a disparu plus rapidement que les autres éléments; comme les expériences ont été tout à fait comparatives, qu'elles ont duré le même temps et qu'on a employé les mêmes dissolutions, on peut conclure que la silice se trouve dans les pailles des Céréales, dans le bois et dans la Canne à sucre dans des états très-différents. Est-on autorisé à admettre que la silice est combinée avec la cellulose dans un des cas,

tandis qu'elle ne l'est pas dans l'autre? ou bien peut-on croire que cette silice qui affecte, comme chacun sait, de nombreux états isomériques, est dans la paille d'une nature différente de celle qu'elle affecte dans le bois ou dans la bagasse? Nous penchons pour la première hypothèse, car cette silice se dissout très-facilement dans la potasse ou dans la soude en dissolution un peu plus concentrée; si l'on attaque la paille avec une lessive marquant 4 ou 5 degrés, il ne reste bientôt plus de cendres dans la fibre désagrégée qui résiste à cette action.

Toutefois, il est vraisemblable que toute la silice contenue dans les pailles n'y est pas combinée, mais qu'une partie y a été déposée par l'évaporation de l'eau chargée d'acide carbonique qui y a circulé.

En examinant, en effet, la quantité de silice contenue dans les cendres des feuilles et dans celles des tiges et notamment des entre-nœuds, M. Isidore Pierre nous a fourni les éléments d'une comparaison des plus intéressantes; la quantité de silice va en augmentant assez régulièrement des feuilles supérieures aux inférieures, les plus anciennes sont les plus chargées de silice; ainsi on trouve que sur 100 de cendres, les premières feuilles à partir du sommet renferment 68 pour 100 de silice; les deuxièmes, 60; les troisièmes, 63; les quatrièmes, 67; les cinquièmes, 75. Quantités, comme on le voit, considérables et qui s'accroissent régulièrement à une exception près; or, les entre-nœuds, les tiges ne renferment qu'une proportion de silice moindre, car les premiers entre-nœuds donnent sur 100 de cendres 50 de silice; les seconds, 27; les troisièmes, 20; les quatrièmes, 20. Ces résultats s'accorderaient bien avec l'idée qu'une partie de la silice est simplement déposée par évaporation; les tiges, en effet, sont moins soumises à l'action de l'air que les feuilles constamment agitées par le vent, et dès lors la silice qui s'y accumule, à mesure qu'elles avancent en âge, y est cependant en moins grande quantité que dans les feuilles.

On rencontre dans ces organes des quantités de silice très-variables; tandis que cet acide est très-abondant dans les Fougères, il n'existe qu'en proportion plus faible dans les feuilles

d'autres plantes, bien qu'il s'y accumule à mesure que leurs feuilles vieillissent ; il importait donc de soumettre ces organes aux essais analytiques qui nous avaient donné des résultats importants sur les céréales, et après nous être procuré des feuilles de diverses provenances, nous les avons fait encore bouillir avec la lessive de soude caustique à 1 degré en observant les précautions signalées plus haut.

On a ainsi obtenu les résultats suivants :

Détermination des quantités de cendres et des quantités de silice qui existent dans 100 grammes de feuilles normales séchées à l'air, et dans 100 grammes des mêmes feuilles lavées avec la soude caustique étendue et bouillante.

ESPÈCES des feuilles incinérées.	CENDRES		SILICE		SILICE dans 100 de cendres	
	dans les feuilles normales.	dans les feuilles lavées.	dans les feuilles normales.	dans les feuilles lavées.	de feuilles normales.	de feuilles lavées.
Chêne	6,40	1,00	0,80	0,000	10,0	0,0
Lilas	5,00	0,10	0,50	0,030	10,0	3,0
Sapin (*Abies picea*)	2,44	2,24	0,26	0,130	10,0	5,0
Marronnier	7,40	0,80	1,40	0,030	18,0	37,0
Fougère (*Pteris aquil.*)	12,70	2,60	4,10	0,193	32,3	74,2
Fougère	12,70	2,70	4,10	0,180	32,3	66,6

La silice paraît donc être dans les feuilles à deux états différents ; tandis que celle qui existe dans le Chêne cède facilement à l'action de la soude caustique, celle au contraire qu'on trouve dans le Marronnier et surtout dans la Fougère commune résiste beaucoup mieux, et tandis que les autres éléments sont en partie enlevés sous l'influence de la lessive alcaline, la silice résiste et se trouve en définitive plus abondante dans 100 parties de cendres des feuilles lavées, que dans les cendres des feuilles normales.

Phosphates. — Tous les chimistes qui ont dosé à la fois l'azote et les phosphates dans les graines ont été frappés de voir ces deux matières augmenter à peu près parallèlement. Le lecteur qui voudra se reporter au tableau de la page 156 reconnaîtra que

les graines, qui sont la partie de l'organisme végétal la plus riche en matières azotées, ont des cendres presque complétement composées de phosphates. Aussi, dans son *Économie rurale*, M. Boussingault s'exprime ainsi : « On aperçoit une certaine relation entre la proportion d'azote et celle de l'acide phosphorique contenus dans les substances alimentaires; généralement, les plus azotées sont aussi les plus riches en acide, ce qui semble indiquer que dans les produits de l'organisation végétale, les phosphates appartiennent particulièrement aux principes azotés et qu'ils les suivent jusque dans l'organisme des animaux. »

M. Corenwinder énonce la même opinion dans son mémoire *Sur les migrations du phosphore dans les végétaux* (1). « Depuis longtemps, dit-il, on a constaté que les bourgeons naissants et les jeunes végétaux sont riches en matières azotées. Celles-ci sont toujours accompagnées d'une proportion relativement considérable de phosphore, et il n'est pas douteux que ces deux éléments sont unis dans le tissu végétal suivant un mode de combinaison encore mystérieux. »

La démonstration de cette combinaison sera faite si l'on reconnaît que l'acide phosphorique, au contact des matières albuminoïdes, ne présente plus ses réactions habituelles. Si nous démontrons, par exemple, que l'acide phosphorique reste en dissolution, en présence de la chaux, dans une liqueur neutre, nous comprendrons que la matière organique doit intervenir; si, en lavant des farines, nous entraînons en même temps que de l'acide phosphorique, de la chaux, et que ces deux éléments restent en présence dans une liqueur limpide sans se précipiter, nous croirons à cette intervention de la matière organique, qui sera encore évidente quand nous montrerons que l'acide phosphorique combiné à des bases qui forment avec lui des sels solubles résiste à l'action de lavages multipliés.

Or, si l'on écrase des Pommes de terre, puis qu'on passe le jus au travers d'un linge et enfin qu'on filtre, il sera aisé de constater dans le liquide la présence de la chaux et de l'acide

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. LX, p. 105 (1860), et *Ann. scienc. nat.*, 4e série, t. XIV, p. 39.

phosphorique qui restent en dissolution tant que la matière albuminoïde est soluble; mais si on coagule celle-ci par la chaleur, une grande partie du phosphate de chaux se précipite, et si on lave la matière albuminoïde jusqu'à ce qu'elle ne cède plus rien à l'eau, puis qu'on la calcine, on trouve des cendres à peu près exclusivement composées de phosphate de chaux.

Ainsi ce sel est reste en dissolution tant que la matière albuminoïde a été maintenue liquide; mais il se précipite au contraire avec celle-ci et devient en partie insoluble aussitôt que la coagulation a lieu, en participant ainsi de l'état de la matière azotée et l'accompagnant sous les différents états qu'elle prend.

On ne s'est pas au reste contenté de ces expériences qualitatives; nous rapporterons ici différents dosages qui montrent encore que les phosphates contenus dans les farines ne présentent pas les réactions qu'ils possèdent lorsqu'ils ne sont plus en présence des matières organiques.

Pour déterminer si les phosphates sont, dans les graines, unis aux matières végétales, on a déterminé d'abord la quantité de chaux et d'acide phosphorique contenue dans 100 grammes de diverses farines; on voulait ainsi connaître non-seulement quelle était la proportion d'acide phosphorique contenue dans ces graines, mais encore déterminer la proportion de cet acide phosphorique qui, uni à la chaux, aurait dû être insoluble dans l'eau, s'il avait présenté ses propriétés habituelles. On sait, en effet, que le phosphate de magnésie, qui existe dans toutes les graines, est loin d'être insoluble dans l'eau pure, et comme les 100 grammes de graines employés étaient traités au moins par un litre d'eau qui devait dissoudre seulement de $0^{gr},5$ à 2 grammes de phosphate, on pouvait compter que le phosphate de chaux seul serait insoluble. Il s'est trouvé au reste que cette prévision était inexacte, car dans l'eau de lavage de graines qui ne renfermaient d'autre acide que l'acide phosphorique, on a trouvé plusieurs fois des quantités assez notables de chaux. On déterminait généralement l'acide phosphorique entraîné par l'eau de lavage en le précipitant à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. On pouvait, ou bien calciner la matière organique entraînée, ou

bien doser dans la liqueur après l'avoir légèrement acidifiée, puis neutralisée par de l'ammoniaque, car on a reconnu, dans les deux expériences suivantes, qu'en dosant dans la cendre des résidus d'évaporation ou dans l'eau de lavage elle-même, on obtenait des résultats semblables.

On a, en effet, divisé en deux parties égales l'eau de lavage de la farine de Froment, on a évaporé l'une des portions du liquide à sec, on a brûlé le résidu et dosé $0^{gr},055$ d'acide phosphorique, on a d'autre part dosé ce même acide dans la liqueur non évaporée, on a obtenu $0^{gr},058$, c'est-à-dire précisément la même quantité; en divisant en deux parties égales l'eau de lavage de farine de Pois, on a trouvé 0,028 dans les cendres de l'eau de lavage normale, et 0,023 dans les cendres de l'eau de lavage évaporée et privée de matière organique par la calcination.

Pour reconnaître si la méthode employée dans ces expériences permettait d'arriver à une exactitude suffisante, on a dosé comparativement l'acide phosphorique dans les cendres d'un poids déterminé de farine normale, puis dans l'eau de lavage et dans le résidu lavé d'une quantité de farine égale à la première. Une expérience faite dans ces conditions a conduit aux résultats suivants : on a trouvé dans 100 grammes de farine de Froment $0^{gr},800$ d'acide phosphorique ; l'eau de lavage d'une quantité de farine semblable avait entraîné 0,566 d'acide et il en restait $0^{gr},215$ dans le résidu ; $0^{gr},215 + 0^{gr},566 = 781$ au lieu de $0^{gr},800$; la perte est donc assez faible pour qu'on puisse considérer ces expériences comme exactes.

Dans 100 grammes de farine de Haricots, on trouve $0^{gr},870$ d'acide phosphorique et 0,300 de chaux, dans l'eau de lavage provenant de 100 grammes de cette même farine on a dosé $0^{gr},474$ d'acide phosphorique et $0^{gr},151$ de chaux ; il est donc resté $0^{gr},396$ d'acide phosphorique dans la graine ; cet acide phosphorique n'était pas rendu insoluble seulement par sa combinaison avec une base, car la combinaison la moins soluble sous laquelle il se présente dans les végétaux est le phosphate de chaux, et nous venons de voir que la moitié de la

chaux avait passé dans l'eau de lavage; en admettant même que les 0gr,149 de chaux restant dans la farine lavée eussent retenu une quantité correspondante d'acide phosphorique, ces deux corps se combinent dans le rapport de $\frac{PO^5}{3CaO} = \frac{71}{84}$, il resterait toujours 0gr,271 d'acide phosphorique à l'état de phosphate soluble qui aurait été cependant retenu par les principes végétaux de la graine.

Dans 100 grammes de Chènevis, on a dosé 2gr,09 d'acide phosphorique et 0gr,19 de chaux; l'eau de lavage a enlevé 0gr,351 et 0gr,079 de chaux; il est donc resté encore plus des trois quarts de l'acide phosphorique dans la graine lavée avec un litre d'eau (1).

Ces premières expériences, où nous trouvons l'acide phosphorique résistant à l'action de l'eau, bien qu'il soit engagé en combinaison avec une base qui le laisse à l'état soluble, où nous trouvons de la chaux et de l'acide phosphorique entraînés par les lavages, encore que les phosphates de chaux à réaction neutre soient complétement insolubles, démontrent que les phosphates sont combinés avec quelques-uns des principes immédiats de la graine. On ne révoquera pas en doute la conclusion que nous tirons de ces essais, car elle nous paraît identique avec celle qu'a tirée M. Chevreul d'expériences très-analogues insérées dans ses recherches sur la teinture : « Quant à la matière colorante qui restait adhérente au ligneux, dit l'illustre directeur du Muséum, il me serait impossible d'affirmer que la totalité y était combinée; cependant j'affirmerai qu'une grande partie s'y trouvait dans cet état, car en recourant à l'alcool froid et à l'alcool bouillant, à l'eau bouillante, à l'eau de potasse, et en faisant concourir avec ces moyens les moyens mécaniques, je ne parvins pas à décolorer le coton. »

M. Chevreul, on le voit, ne se contente pas, pour reconnaître

(1) Ces résultats indiquant qu'une partie des phosphates existant dans les graines peut être entraînée par l'eau, confirment une communication intéressante faite par M. Terreil à la Société chimique le 15 mai 1862 (voy. *Bulletin de la Société chimique*, 1862, p. 56). Ce même fait a été encore observé récemment par M. Calvert, qui, à tort, le donne comme nouveau (*Comptes rendus*, 1867, t. LXV, p. 1150).

la combinaison d'un principe immédiat avec une matière colorante, d'employer les réactifs neutres; il fait encore usage de substances plus actives; nous avons de notre côté, pour démontrer plus complétement l'adhérence des phosphates aux substances végétales, attaqué les farines obtenues de différents grains, non plus seulement avec de l'eau pure, mais avec de l'acide chlorhydrique étendu (1 partie d'acide chlorhydrique fumant pour 9 parties d'eau), et nous avons prolongé ensuite les lavages à l'eau pure jusqu'à ce que toute trace d'acide chlorhydrique ait été enlevée. Nous ne prétendons pas, au reste, que la seule quantité de phosphate qui soit combinée avec les principes immédiats de la graine soit celle qui persiste après ces lavages; nous voulons seulement montrer que les phosphates solubles sans exception dans l'acide chlorhydrique, lorsqu'ils sont isolés, ne se dissolvant plus entièrement lorsqu'ils appartiennent à l'organisme végétal, doivent exister dans cet organisme à l'état de combinaison.

Or on a trouvé que sur 0gr,800 d'acide phosphorique contenu dans 100 grammes de farine de Froment, l'eau acidulée n'enlevait que 0gr,566 dans un cas et 0gr,718 dans un autre; que sur 1gr,400 d'acide phosphorique contenu dans la farine de Pois, il en restait, après un lavage prolongé à l'acide chlorhydrique, 0gr,205.

On arrive encore à constater que les phosphates sont retenus, parfois avec une rare énergie, dans les graines en faisant l'analyse de ces graines après leur lavage à l'acide chlorhydrique; on trouve ainsi que 100 grammes de farine de Lentilles lavée à l'acide chlorhydrique renfermaient 3gr,099 d'acide phosphorique; que 100 grammes de farine de Froment lavée donnaient 1gr,596 d'acide phosphorique et qu'il en existait 0gr,573 dans 100 grammes de farine de Haricots également lavée à l'acide chlorhydrique; dans une autre circonstance cependant, le résultat n'a pas été le même et l'on n'a plus retrouvé d'acide phosphorique dans la farine d'Avoine lavée à l'acide chlorhydrique.

Ainsi, dans ces dernières expériences, il s'est produit un fait très-curieux: la matière organique a disparu en plus grande

quantité que les phosphates, de telle sorte qu'on arrive à ce résultat qui semble paradoxal que, après les lavages à l'acide chlorhydrique, on trouve dans les farines une proportion d'acide phosphorique plus grande que celle qui se trouvait dans la farine normale.

Tous les résultats précédents sont résumés dans les tableaux suivants :

Sur l'état de l'acide phosphorique et de la chaux dans les graines.

NOM des graines. expérimentées.	ACIDE phosphorique dans 100 de graine.	CHAUX dans 100 de graine.	ACIDE phosphorique enlevé par l'eau.	CHAUX enlevée par l'eau.	ACIDE phosphorique dans la graine lavée.	CHAUX dans la graine lavée.
Froment...	0,800	.....	0,566	.....	0,215	
Haricots...	0,870	0,300	0,474	0,151	0,396	0,149
Chènevis...	2,090	0,190	0,351	0,079	1,658	0,111
Pois......	1,400	.....	1,195	.....	0,205	

Acide phosphorique contenu dans 100 de graines lavées avec une dissolution d'acide chlorhydrique (1 d'acide fumant pour 10 d'eau).

Nom des graines.	Acide phosphorique.
Froment................	1,596
Lentilles................	3,099
Haricots.................	0,573

Iodures. — Quand les végétaux marins renferment des iodures en quantités assez notables pour qu'il soit possible d'y reconnaître l'iode sans traiter des masses trop considérables, on trouve cet iode dans les cendres ; mais il est impossible de le caractériser dans l'extrait aqueux que l'on fait de la plante. En calcinant le ***Fucus vesiculosus***, on peut, à l'aide du chlore, puis du chloroforme ou du sulfure de carbone, reconnaître la propriété caractéristique de l'iode ; mais il n'a pas été possible d'obtenir la moindre coloration en traitant de la même façon l'extrait aqueux. Ainsi l'iodure de potassium est probablement engagé dans ces plantes, dans une combinaison assez intime pour résister à l'action de l'eau bouillante ; on sait cependant que ce sel est tellement soluble dans l'eau, qu'il est déliquescent.

Sulfates et chlorures. — C'est surtout en étudiant l'état des

sulfates et des chlorures dans les végétaux marins que nous pourrons constater que les principes minéraux sont parfois liés aux fibres végétales par simple affinité capillaire. Quand on compare les analyses de l'eau de mer à celles des cendres d'un *Fucus*, un fait frappe d'abord : tandis que les deux tiers du résidu salin laissé par l'eau de mer sont formés de chlorure de sodium, les cendres des *Fucus* n'en renferment qu'un quart de leur poids au plus, et parfois seulement un sixième ; le sulfate de magnésie est bien moins abondant dans l'eau de mer que le chlorure de sodium, et cependant les sulfates sont en quantités considérables dans les cendres des *Fucus*.

Il est facile de montrer que toutes ces matières ne se trouvent pas au même état dans toutes les plantes marines ; si, en effet, on prend quelques-unes de celles-ci et qu'on les coupe, puis qu'on les fasse bouillir avec de l'eau, de façon à enlever les sels solubles, on est parfois très-frappé de voir que l'eau enlève des chlorures et presque pas de sulfates. L'expérience a été faite sur le *Halidrys siliquosa;* on a trouvé dans un essai fait d'abord sur $0^{gr},944$ de cendres provenant de la plante lavée une si faible quantité de chlore, qu'il a été impossible de faire le dosage ; dans un autre essai, $6^{gr},332$ de plante sèche ont donné 0,980 de cendres, dans lesquelles on n'a dosé que $0^{gr},007$ de chlore, tandis qu'elles contenaient une proportion notable d'acide sulfurique.

Dans un essai qui a porté sur le *Fucus serratus*, on a trouvé que 100 parties de plante, lavée à l'eau bouillante et séchée, donnaient $8^{gr},10$ de cendres. Le *Fucus serratus* normal donnait pour 100 de cendres 22,222 d'acide sulfurique et 6,040 de chlore, tandis qu'après le lavage on trouvait 34,5 d'acide sulfurique pour 100 de cendres, et que les chlorures y étaient devenus complétement indosables. Nous ne saurions trop insister sur ce fait qui nous paraît capital ; l'eau enlève à l'*Halidrys siliquosa* presque tous les chlorures en laissant les sulfates ; l'eau enlève de même au *Fucus serratus* tous ses chlorures, et ne laisse que des sulfates ; il est donc certain que les chlorures et les sulfates n'existent pas dans ces plantes au même état, et que les uns y

sont en combinaison, tandis que les autres, au contraire, semblent y être encore dissous dans l'eau qui gorge la plante.

Toutes les Fucacées ne donnent pas des résultats semblables ; dans toutes, les sulfates ne sont pas retenus par la matière organique plus énergiquement que les chlorures ; on verra au contraire, d'après les chiffres suivants, que le *Halidrys siliquosa* perd au lavage une plus grande quantité de sulfate que de chlorure.

On a trouvé dans la plante normale séchée à l'air 10,650 de cendres, et seulement 5,585 dans la plante lavée ; celle-ci avait donc perdu plus de cendres que de matières végétales ; au reste, l'acide sulfurique y avait été enlevé en quantité aussi considérable que le chlore ; 100 de cendres de la plante normale renfermaient, en effet, 24,252 d'acide sulfurique et 1,190 de chlore, et 100 de cendres de la plante lavée renfermaient 20,115 d'acide sulfurique et 0,900 de chlore.

Ces résultats si différents donnés par ces deux Fucacées sont résumés dans le tableau suivant :

NOM DES PLANTES expérimentées.	SUR L'ÉTAT DU CHLORE ET DE L'ACIDE SULFURIQUE dans les plantes marines			
	NORMALES.		LAVÉES.	
	CHLORE dans 100 de cendre.	ACIDE sulfurique dans 100 de cendre.	CHLORE dans 100 de cendre.	ACIDE sulfurique dans 100 de cendre.
Fucus serratus............	6,040	22,222	indosable.	34,500
Halidrys siliquosa.........	1,190	24,252	0,900	20,115

Si nous résumons maintenant les faits établis dans les pages précédentes, nous reconnaissons que les substances minérales existent dans les végétaux à des états très-différents :

1° Ils peuvent y être simplement déposés par évaporation, tel paraît être le carbonate de chaux dans les feuilles ; il disparaît, en effet, par un simple lavage à l'acide chlorhydrique, tel il paraît être aussi dans les arbres où il cède encore sans diffi-

culté aux acides ; la silice dans les feuilles d'un grand nombre d'arbres se dissout encore dans les alcalis étendus.

2° Ils peuvent être retenus en combinaison :

(A) Avec des principes immédiats à réactions parfaitement tranchées : M. Payen a vu l'oxalate de chaux dans les Cactus. Chacun sait qu'on extrait de l'oxalate de potasse des Oseilles, le tartrate de potasse et de chaux des Raisins, le citrate de potasse des Citrons ; nous avons extrait nous-même l'acide citrique des Pommes de terre où il était vraisemblablement combiné à la potasse, de même que l'acide oxalique dans les Betteraves.

(B) Mais les substances minérales peuvent être aussi unies aux principes immédiats neutres, les phosphates aux matières albuminoïdes, la silice à la cellulose des tiges de Graminées ou de Fougères, les sulfates et les iodures aux tissus des Fucacées. Ces dernières combinaisons n'ont plus le caractère nettement défini des précédentes ; l'adhérence des principes minéraux aux tissus végétaux est variable : tantôt capable de résister à l'action des réactifs énergiques, elle peut parfois céder à des lavages multipliés, ainsi que nous l'avons remarqué pour les sulfates et les chlorures dans quelques plantes marines. Des exemples de ces combinaisons encore mal définies, dans lesquelles les éléments peuvent être retenus non plus par la force énergique qui est mise en jeu par le contact d'une base ou d'un acide, mais par cette force affaiblie et dégénérée jusqu'à devenir, suivant l'expression de M. Chevreul, une simple affinité capillaire, nous sont fournis à profusion par l'art de la teinture. Nous savons que les mordants adhèrent aux tissus et résistent aux lavages ; nous savons que les matières colorantes se fixent également sur ces tissus mordancés, et ces alliances durables après le mordançage, éphémères au contraire quand la matière colorante est mise directement en contact avec la fibre végétale, nous paraissent avoir de profondes analogies avec les unions plus ou moins stables que contractent les substances minérales avec les tissus appartenant aux plantes encore vivantes.

SECONDE PARTIE.

MÉCANISME DE L'ASSIMILATION DES SUBSTANCES MINÉRALES.

CHAPITRE III.

EXAMEN DES RACINES.

Nous avons dans les chapitres précédents établi les faits qu'il s'agit d'interpréter; nous savons que souvent les organes semblables de plantes différentes renferment des principes minéraux identiques, mais que quelquefois au contraire, et notamment dans les tiges herbacées, les substances minérales sont très-variées ; enfin nous avons reconnu que les substances fixes sont unies aux végétaux avec des énergies très-variables ; il nous faut actuellement profiter de ces connaissances pour esquisser le mécanisme de l'assimilation élective de ces minéraux : c'est là le sujet de la seconde partie de ce travail.

§ XI. — Anatomie de la radicelle.

La racine, l'organe d'absorption, devait d'abord fixer notre attention ; nous devions la soumettre à une étude minutieuse, afin de reconnaître si les racines des plantes qui, prises dans leur ensemble, donnent des cendres à compositions très-diverses, présentent des différences de structure suffisantes, pour qu'on puisse leur attribuer une influence manifeste sur le choix exercé ; si l'on trouvera, par exemple, entre les racines des Graminées riches en silice et celles des Légumineuses pauvres en silice, mais très-alcalines, des différences assez profondes pour qu'on soit en droit d'attribuer à l'organe d'absorption lui-même le choix observé.

La racine n'absorbe pas les liquides par toute sa surface, mais principalement par l'extrémité voisine des spongioles (1), et ce sont ces organes que nous avons surtout étudiés.

Si l'on examine au microscope une radicelle d'Orge, de Blé ou de toute autre Graminée, radicelle extrêmement tenue, et qui se prête facilement à cet examen, on reconnaît qu'elle est formée de deux tissus différents. Toute la partie extérieure épi–

(1) Œhlert, *Einige Bemerk. über die Wurzelfasern*. Linnæa, 1837.

dermique, particulièrement transparente, est formée de cellules disposées en séries longitudinales ; ces cellules sont d'autant plus longues et plus larges, qu'elles sont plus éloignées de la spongiole ; celle-ci se termine par des cellules assez régulières, presque libres ou qui se détachent naturellement, de manière à flotter pour ainsi dire dans le liquide qui les baigne. Chacune de ces petites utricules renferme un nucléus qui jaunit sous l'influence de la teinture d'iode ; le centre de cette jeune radicelle présente deux faisceaux vasculaires formés de cellules allongées, accompagnés de vaisseaux annulaires très-tenus ; les cellules allongées se dessinent ordinairement d'une manière très-nette par la présence de bulles de gaz qu'elles renferment, ou qui se trouvent interposées dans les méats intercellulaires ; on distingue alors vers le centre de la radicelle deux lignes noires qui suivent toute la longueur des faisceaux vasculaires ; entre ces deux faisceaux apparaît un tissu plus dense que celui de la circonférence.

§ XII. — Présence sur la radicelle de poils ou suçoirs (Gasparrini).

Il arrive fréquemment que les radicelles soient couvertes d'un grand nombre de poils ; cette particularité s'observe surtout sur les radicelles des plantes qui se sont développées dans du coton ou dans du sable ; les plantes qui ont végété dans de la terre, par conséquent dans des conditions plus normales, m'ont paru n'avoir qu'un nombre beaucoup plus restreint de ces appendices. Ces poils ne commencent pas à se montrer immédiatement à l'extrémité de la racine, mais seulement à quelque distance au-dessus de la spongiole. Ils sont formés par plusieurs cellules cylindriques placées bout à bout, pourvues ou dépourvues de nucléus, et parfaitement transparentes ; ils sont souvent terminés en forme de suçoir, ainsi que le représente M. Gasparrini (1).

Il ne nous a pas été possible, malgré la plus scrupuleuse attention, de reconnaître si ces poils jouaient le rôle que leur attribue M. Gasparrini ; nous avions placé sur le porte-objet du micro-

(1) *Ricerche sulla natura dei succiatori e la escrezione delle radici.....* di Guglielmo Gasparrini. Napoli, 1856.

scope le milieu d'une racine de Millet très-fine et très-transparente, et nous avions glissé entre les deux lames de verre une dissolution de ferrocyanure de potassium; après quelque temps, nous avons lavé à diverses reprises, puis nous avons mis l'extrémité de la spongiole, distante du point observé d'un centimètre environ, dans une dissolution étendue de sulfate de cuivre, nous espérions voir les deux liquides se rencontrer dans la racine, et donner une coloration rouge indiquant que le ferrocyanure avait pénétré par les suçoirs, tandis que le sulfate de cuivre avait passé par l'extrémité même de la spongiole, mais l'intérieur de la racine resta parfaitement incolore. On sait avec quelle réserve il faut s'appuyer sur une expérience négative pour en tirer une conclusion, nous avons cru devoir cependant rapporter notre observation.

§ XIII. — De la présence d'un gaz dans les racines.

Tous les anatomistes qui ont observé les radicelles au microscope y ont remarqué de longues traînées gazeuses, quelquefois réduites au nombre de deux, quelquefois plus nombreuses; si l'on presse entre les deux lames de verre ces radicelles et particulièrement celles qui proviennent de graines germées dans du coton, on ne tarde pas à voir disparaître ces traînées et se dégager de nombreuses bulles de gaz. Celles-ci deviennent encore plus distinctes si l'on emploie l'acide azotique concentré, qui attaque certaines cellules et permet au gaz de se dégager; toutefois l'emploi de l'acide azotique laisserait quelque doute dans l'esprit, car il attaque vivement des fibres végétales telles que les pailles qui, mises en contact avec lui se couvrent de bulles de gaz qui peut-être sont dues à une réaction entre l'acide et la matière végétale, car ces fibres sèches ne paraissent pas devoir renfermer de gaz.

Si, au lieu d'acide azotique, on fait pénétrer entre les deux lames de verre du microscope quelques gouttes de potasse en dissolution concentrée, on assiste à un phénomène fort curieux: le gaz disparaît presque entièrement et les deux grandes traînées gazeuzes que l'on pouvait suivre dans toute l'étendue de la

radicelle ne se manifestent plus que par quelques bulles de gaz à peine sensibles; la solubilité d'une grande partie de ce gaz dans la potasse ou dans l'ammoniaque démontre qu'il renferme une forte proportion d'acide carbonique, que cet acide entre pour une très-grande part dans la masse totale de gaz charrié ainsi dans la racine.

Il resterait ici un point capital à élucider : quel chemin suit ce gaz? Descend-il de la tige dans la racine, ou bien, comme l'eau et les dissolutions salines, est-il saisi dans le sol et amené jusque dans les feuilles. Si l'on pouvait tirer une conclusion des expériences que nous avons faites à ce sujet, on serait tenté de croire que le gaz descend de la tige vers la racine; on sait en effet que, pendant la germination, il se dégage toujours des quantités notables de cet acide et que cette germination est accompagnée d'une véritable combustion; on peut donc trouver dans la graine encore adhérente aux petites plantes sur lesquelles nous agissons, une source d'acide carbonique; cette même observation combat l'idée que l'acide carbonique est puisé dans le sol, car nos graines germant dans du coton humide placé sur une assiette de porcelaine n'ont pu trouver dans ce sol artificiel aucune trace d'acide carbonique; enfin il est remarquable que les plantes qui se sont développées dans le sol où existe de l'acide carbonique ne paraissent pas aussi riches en gaz que celles qui ont vécu dans du coton humide.

Si cette observation se confirmait, elle pourrait peut-être servir à expliquer les faits curieux qu'on a été à même d'examiner à la dernière exposition du Champ de Mars ; M. le docteur Thiel, de l'Académie agricole de Poppelsdorf, près Bonn, avait montré différents morceaux de marbre sur lesquels se voyait très-manifestement l'empreinte de radicelles ; on avait obtenu ce curieux résultat en faisant développer dans une caisse à fond de marbre diverses graines, et, d'après le Catalogue prussien, « le marbre rongé partout où il a été en contact avec ces radicelles démontrerait leur acidité ». Il est possible au reste que les racines excrètent de petites quantités d'acides fixes. M. Cloëz m'a affirmé avoir observé souvent des traces rouges produites

par les radicelles des graines qu'il avait mis à germer sur du papier de tournesol. Si ce cas s'est présenté dans l'expérience du docteur Thiel, on ne pourrait attribuer entièrement à l'acide carbonique la dissolution du marbre qu'il a observé.

M. Corenwinder a publié récemment, au reste, des expériences qui tendent à démontrer que les racines n'absorbent pas d'acide carbonique, mais en émettent au contraire. « Lorsqu'on dispose des plantes retirées du sol de manière que leurs racines plongent dans un flacon renfermant de l'eau distillée et que leurs organes foliacés flottent dans l'atmosphère, on trouve presque constamment, après un jour ou deux, une quantité sensible d'acide carbonique dans cette eau. Il est essentiel de boucher le flacon avec un bouchon percé d'un trou pour laisser passer la tige et de luter convenablement afin d'empêcher l'acide carbonique de s'évaporer. »

§ XIV. — De la constitution chimique des radicelles.

On sait que la découverte récente d'un nouveau réactif, due à M. Schweitzer, est venue singulièrement modifier l'opinion des savants sur la nature des tissus qui forment le squelette des végétaux. On croyait autrefois avec M. Payen que tous ces tissus (fibres corticales, fibres ligneuses, moelle des arbres, etc.) étaient formés par un seul et même principe immédiat, la cellulose; une étude plus attentive, due en grande partie à M. Fremy (1), a montré qu'il fallait au contraire distinguer parmi ces tissus plusieurs espèces différentes qui ont été désignées sous le nom de fibrose, de vasculose, etc.; nous avons dû soumettre nous-même à l'action du réactif cupro-ammonique les radicelles des plantes que nous examinions, et il nous a été facile de reconnaître que toutes ces radicelles résistaient parfaitement à l'action de ce réactif et qu'il était impossible de reconnaître la moindre attaque.

Nous avons observé ce fait important avec une très-grande netteté, car, ainsi que nous l'avons dit, on remarque souvent à l'extrémité des radicelles de quelques céréales des cellules déta-

(1) *Comptes rendus* (1859) et *Ann. des sciences nat.*, 4e série, vol. XIII.

chées parfaitement transparentes qui ne paraissent injectées d'aucune matière minérale et qui résistent cependant parfaitement à l'action du réactif cupro-ammoniaque. Dans ce cas, la principale objection que faisait M. Payen aux idées de M. Fremy semble tomber d'elle-même; on ne peut pas invoquer la densité du tissu pour expliquer son insolubilité. Au reste, si les cellules des plantes résistent bien à l'action du réactif cupro-ammoniaque, il n'en est plus de même des poils qui, nous l'avons vu, sont souvent très-abondants sur la radicelle : ceux-ci présentent des traces très-sensibles d'altération par le réactif cupro-ammoniaque, et il faut en conclure qu'il existe dans les radicelles deux variétés de cellulose. Pourrait-on faire de la matière qui constitue les radicelles des plantes un nouveau principe immédiat? cela est possible; mais nos études sur ce point n'ont pas été assez prolongées pour que nous puissions l'affirmer; un point qui est hors de doute, c'est que ces radicelles ne sont pas formées par le principe immédiat qui constitue les fibres corticales, le coton, l'ivoire végétal, ni même les poils de la radicelle elle-même, car toutes ces matières végétales se dissolvent dans le réactif de M. Schweitzer, tandis que les cellules qui se détachent normalement des radicelles y sont complétement insolubles.

La constitution de ces radicelles paraît même s'éloigner davantage de la cellulose que plusieurs des autres principes contenus dans les tiges, car en traitant les radicelles par l'acide sulfurique étendu et la dissolution aqueuse d'iode, il nous a été impossible de reconnaître la coloration bleue que plusieurs de ces principes manifestent dans ces circonstances.

Quand on examine l'action qu'exerce sur les racines le réactif de Schweitzer, on peut reconnaître que l'absorption a bien lieu par la partie dénudée de l'extrémité de la racine où les cellules sont en voie de formation, car on aperçoit nettement le réactif envahir peu à peu toute la radicelle en partant de l'extrémité; on voit aussi sur son passage ce réactif, qui renferme une forte proportion d'ammoniaque caustique, dissoudre peu à peu l'acide carbonique enfermé dans les vaisseaux, et ne

laisser que des traces de gaz dans les méats des cellules allongées qui accompagnent le système vasculaire.

L'extrémité de plusieurs des radicelles que nous avons étudiées renferme de la glucose ; c'est ce qu'il est facile de reconnaître en employant la liqueur bleue du tartrate de cuivre et de potasse qui, comme chacun sait, est réduite par la glucose et donne avec cette variété de sucre une coloration rouge tout à fait caractéristique.

La glucose au reste ne persiste pas longtemps dans les jeunes plantes, car en répétant l'expérience précédente sur des radicelles plus âgées que celles qui nous avaient donné le résultat signalé plus haut, il nous a été impossible de retrouver cette coloration rouge caractéristique pour la présence de cette variété de sucre.

§ XV. — Différences que présentent les radicelles des plantes d'espèces variées.

En comparant différentes radicelles appartenant à des espèces qui sont loin d'absorber dans le sol des principes semblables, on ne peut distinguer dans la structure de ces organes rien qui soit caractéristique ; nous avons reconnu ce que d'autres avaient vu avant nous, et nous n'avons pu que constater l'éxactitude des figures qui avaient été données jusqu'à présent (1) ; il est donc vraisemblable que ce n'est pas la structure de la racine qui détermine le choix qu'exécute la plante.

Nos études sur la nature chimique des spongioles n'ont pas été assez poursuivies pour que nous puissions affirmer qu'elles sont toutes formées par un même principe immédiat ; les réactifs actuellement employés ne permettent pas d'établir entre ces radicelles de différence capitale, mais cette impossibilité tient peut-être plus à l'insuffisance de nos moyens d'observation qu'à la ressemblance qu'ont ces organes, et la distinction capitale, établie entre les diverses fibres végétales au moyen d'un nouveau réactif, nous montre combien il est important d'être réservé avant de proclamer une identité qui ne peut être qu'une isomérie.

(1) Voyez notamment Henfrey, *The Journal of the royal agricultural Society of England*, t. XIX, 1858.

CHAPITRE IV.

SUR L'ABSORPTION DES DISSOLUTIONS SALINES PAR LES PLANTES ET SUR L'EXOSMOSE.

La composition anatomique de la racine ne nous a rien enseigné sur le mécanisme de l'absorption élective des substances minérales, et si nous résumons rapidement les travaux des naturalistes qui ont fait végéter des plantes dans des dissolutions salines de compositions variées, nous reconnaîtrons qu'ils sont encore impuissants à nous éclairer.

§ XVI. — Expériences de Saussure.

Th. de Saussure (1) reconnut, en faisant végéter deux plantes aquatiques, le *Polygonum persicaria* et le *Bidens cannabina*, dans des dissolutions variées que ces plantes absorbaient plus d'eau que de sel, et que ceux-ci n'étaient pas pris en quantités égales; au reste, de Saussure ajoute « que les quantités de sels, de gomme, de sucre absorbées n'ont jamais été les mêmes dans deux expériences semblables. Je me suis bientôt aperçu », ajoute-t-il, « que les anomalies provenaient du différent état des racines qui absorbaient plus de matières dissoutes lorsqu'elles étaient moins vigoureuses ». Et il termine en disant: « Je serais porté à admettre que la plante, en absorbant une substance préférablement à une autre dans le même liquide, ne produit presque point cet effet en vertu d'une sorte d'affinité, mais en raison du degré de fluidité ou de viscosité des diverses substances. »

§ XVII. — Expériences de Trinchinetti.

Sans nous arrêter aux travaux de Pollini (2), de Bischoff (3), de Link (4), nous rappellerons que M. Trinchinetti a reconnu

(1) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 260 et suiv.

(2) *Saggio d'osservazioni ed esperimenti sulla vegetazione degli alberi.* (Verone, 1815, cité par Trinchinetti, *Sulla facoltà assorbente delle radici de vegetabili.* Milano, 1843.)

(3) *De vera spiralium plantarum structura.* Bonn, 1829.

(4) *Ann. des sc. nat.*, t. XXIII, 1821.

que toutes les dissolutions salines pénétraient dans les plantes, même lorsque les racines plongées dans les liquides étaient parfaitement saines ; ces expériences paraissent mériter toute confiance, car on eut soin de caractériser, à l'aide de réactifs appropriés, les sels qui avaient pénétré dans la plante ; et le fait de l'absorption d'une dissolution saline quelconque pourra être considéré comme un fait acquis quand nous aurons signalé la cause d'une anomalie signalée depuis longtemps.

§ XVIII. — Explication d'une anomalie apparente présentée par les cendres de plantes amendées avec du plâtre.

Si on fait l'analyse des cendres des plantes qui ont végété dans un sol plâtré, on reconnaît que celles-ci renferment plus de chaux et de potasse que les plantes qui se sont développées dans un sol non amendé avec du sulfate de chaux, mais que la proportion d'acide sulfurique qui existe dans les cendres est loin d'être suffisante pour saturer la chaux et la potasse, et on aurait pu avoir quelque peine à comprendre un fait semblable, si l'on ne savait que les sulfates enfouis dans le sol sont bientôt métamorphosés en carbonates, et que c'est sous cette nouvelle forme que les alcalis pénètrent dans la plante (1).

§ XIX. — Expériences de G. Wolf.

Il y a quelques années, un naturaliste allemand, M. G. Wolf, a publié un travail assez étendu sur l'absorption des dissolutions salines par les végétaux (2). M. Wolf a opéré surtout à l'aide du Maïs et du Haricot d'Espagne, qui l'un et l'autre germent bien dans l'eau et y développent bientôt de larges surfaces feuillues; les plantes qui avaient germé sur une gaze humide étaient fixées dans l'axe d'un bouchon et les racines plongeaient dans des dissolutions salines ou dans l'eau distillée; on mettait fin à l'expérience quand la plante avait absorbé une certaine

(1) Dehérain, *Annales du Conservatoire des arts et métiers*, t. IV et t. V.

(2) *Nouvelles recherches sur les lois de Saussure concernant l'absorption des dissolutions salines simples par les racines des plantes.*

quantité d'eau, on connaissait le titre de la dissolution avant l'expérience, on le déterminait à la fin, et on pouvait déduire facilement la quantité de sel prise par la plante.

M. Wolf a trouvé ainsi que la quantité de sel entrée variait avec la concentration des dissolutions, avec leur nature et la nature de la plante; mais, en constatant ces faits, il ne nous donne aucune idée sur les causes qui les ont déterminés.

En s'appuyant toutefois sur les résultats précédents, on pourrait imaginer une hypothèse qui permettrait d'expliquer la différence de composition des cendres.

§ XX. — De l'exosmose des racines.

En effet, nous avons reconnu que tous les sels pénètrent dans les plantes, mais nous avons montré dans notre second chapitre que ces principes n'étaient pas simplement en dissolution dans l'eau qui gorge la plante, mais qu'ils étaient souvent combinés avec différents principes immédiats; or, si nous pouvions reconnaître dans les plantes la faculté d'excrétions, nous arriverions facilement à comprendre le mécanisme suivant lequel se fait le choix constaté. — Supposons, en effet, qu'une dissolution complexe, comme celle qui existe dans le sol, pénètre dans la plante et se répande dans tout l'organisme, elle arrive au contact de différents tissus, quelques-unes des substances minérales introduites perdent leur solubilité et les autres sont expulsées au dehors, de telle sorte que lorsqu'on analyse la plante on n'y trouve plus, bien que tous les éléments solubles contenus dans le sol y aient pénétré, que ceux qui sont capables de contracter quelque combinaison.

Pour que nous puissions admettre cette hypothèse, il nous faudrait démontrer que les plantes sont capables d'excrétions; cette idée n'est pas nouvelle, elle a été soutenue par plusieurs esprits distingués, et notamment par De Candolle (1), qui avait cru pouvoir baser une théorie des assolements sur cette propriété hypothétique; toutefois, toutes les expériences directes qui ont été faites sur ce sujet ont conduit à des conséquences négatives.

(1) *Physiol.*, p. 248, etc.

On sait que Walter notamment (1) a contribué à faire rejeter l'idée de l'existence d'une exosmose régulière en faisant végéter une plante munie de plusieurs racines dans deux vases différents, de sorte que quelques-unes des racines plongeaient dans l'un des vases renfermant de l'eau distillée, les autres pénétraient dans une dissolution saline. Si les racines sont des organes de sécrétion, si elles peuvent rejeter quelques-uns des principes qu'elles ont pris d'abord, il est probable que la dissolution saline absorbée par l'une des racines se répandra dans toute la plante, puis sera rejetée au dehors et qu'on retrouvera dans l'eau pure le sel contenu dans l'autre vase ; les expériences furent faites à l'aide du sel marin, du sulfate de soude et de l'acétate de plomb, et conduisirent toujours à des résultats négatifs ; dans le dernier cas, il fut facile de reconnaître le sel de plomb dans la plante et même dans les racines plongées dans l'eau pure, mais on ne put en retrouver dans cette eau.

Nous avons nous-même exécuté quelques expériences analogues : des plantes aquatiques, des lentilles d'eau (*Lemna minor*) furent placées dans des dissolutions très-étendues de sulfate de cuivre et de sel ammoniac ; on y laissa les plantes quatre ou cinq jours, puis, après les avoir bien lavées, on les remit dans l'eau distillée qui fut examinée après quelques jours. Il fut impossible d'y découvrir la moindre trace de sel de cuivre ou de chlorure, et on sait cependant qu'il existe, pour reconnaître ces substances, des réactifs d'une admirable sensibilité.

Ainsi, l'explication de l'accumulation dans les plantes d'un principe minéral, à l'exclusion d'un autre, ne peut s'appuyer sur l'idée que les principes non combinés, non retenus dans la plante sont éliminés au dehors et une autre manière de voir doit être proposée.

Après y avoir mûrement réfléchi, je reconnus qu'il était impossible d'arriver à la solution en continuant d'expérimenter avec des plantes, comme l'avaient fait mes prédécesseurs ; je reconnus qu'il était nécessaire d'éliminer toutes les causes qui

(1) *Ann. des sc. nat.*, t. XIV, p. 100, 2[e] série, 1840.

devaient, dans de semblables circonstances, compliquer le phénomène, pour étudier d'abord : comment un sel pouvait se diffuser au travers d'une paroi poreuse comme celle des vases employés dans les piles de Bunsen, comment une matière minérale irait s'accumulant dans des bandes de tulle, facilitant l'évaporation d'une dissolution complexe dans lesquelles elles étaient plongées.

A coup sûr, on ne peut pas assimiler complétement une plante à un vase poreux, ni la terre arable à une dissolution saline complexe; mais si l'on réfléchit que les plantes sont gorgées d'eau, que la diffusion s'opère dans les *colloïdes* comme dans l'eau pure, qu'enfin la plante fonctionne surtout comme organe d'évaporation, on pourra sans doute éclairer l'ensemble du phénomène par l'examen de ce qui aura lieu dans les conditions simples où nous allons opérer.

CHAPITRE V.

DE L'ENDOSMOSE ET DE LA DIFFUSION.

Il est inutile, sans doute, de rappeler la remarquable expérience à l'aide de laquelle Dutrochet nous a fait comprendre comment un liquide pouvait être aspiré par une membrane poreuse et vaincre ainsi les lois de la pesanteur; mais les faits établis par M. Th. Graham et désignés par lui sous le nom de *diffusion* se lient si intimement avec le sujet que nous traitons, qu'on nous permettra de les résumer brièvement.

Une matière soluble placée dans un liquide peut se déplacer dans ce liquide, en dehors de tout mouvement du liquide lui-même; il est certain que la première fois qu'on a vu un cristal grossir régulièrement dans une dissolution, on a pu se convaincre que le sel se déplaçait dans la dissolution, puisque le cristal ne pouvait s'accroître que par le transport des molécules de tous les points du liquide vers celui où avait lieu la précipitation; mais on n'a pas tiré de cette observation toutes les conséquences qu'elle comportait, et M. Th. Graham a rendu

aux sciences naturelles un service signalé en appelant de nouveau l'attention sur ce sujet.

§ XXI. — Expériences de Th. Graham.

Une de ses expériences capitales était disposée comme suit (1) : Si dans une éprouvette longue et étroite renfermant de l'eau distillée, on dépose une dissolution de sel marin ou de sulfate de soude et qu'on abandonne le tout au repos pendant plusieurs jours, on ne tarde pas à constater que le sel s'élève au travers du liquide, s'élance pour ainsi dire de molécule d'eau en molécule d'eau, de façon à arriver jusqu'au sommet. La quantité de chlorure de sodium qui pénètre ainsi jusqu'à la partie supérieure du liquide est, au reste, après quelques jours, assez faible; elle atteint seulement un centième de la quantité totale.

M. Graham, pour suivre la marche du sel dans toute la colonne liquide, prélevait à l'aide d'un siphon quinze couches différentes de liquide et dosait la matière solide contenue dans chacune d'elles; on trouvait ainsi que le sel s'était diffusé en quantité d'autant plus grande que les couches d'eau examinées étaient plus voisines du fond. Le sulfate de soude présente une force de diffusion plus faible que le chlorure de sodium; ainsi, dans une expérience où ces deux sels étaient mélangés, on trouva après quatorze jours, dans la couche supérieure, 0,077 de chlorure de sodium et seulement 0,005 de sulfate de soude.

Toutes les matières solubles ne se diffusent pas dans l'eau avec la même facilité. M. Graham établit d'abord une distinction entre les *cristalloïdes*, corps affectant la forme de cristaux qui sont doués d'une diffusion assez grande, mais variable, et les *colloïdes*, substances à consistance de gelée telles que l'albumine, la gomme, le caramel, qui se diffusent très-mal dans l'eau pure.

La différence entre les cristalloïdes et les colloïdes devient plus apparente encore quand la diffusion a lieu, non plus dans

(1) *Mémoire sur la diffusion moléculaire appliquée à l'analyse* (*Ann. de chim. et de phys.*, 1862, t. LXV, p. 189).

l'eau pure, mais dans un milieu colloïdal; en effet, le cristalloïde placé dans une gelée s'y diffuse aussi bien que dans l'eau, tandis que le colloïde est complétement arrêté; on sait tout le parti que M. Th. Graham a tiré de cette propriété pour l'analyse immédiate d'un mélange de cristalloïde et de colloïde, et la propriété qu'ont les cristalloïdes de traverser les colloïdes présente aussi pour nous une importance capitale puisqu'elle nous permet de comprendre comment certaines matières peuvent se diffuser dans la terre arable.

Les travaux de M. Graham présentent encore, au point de vue spécial qui nous occupe, un plus grand intérêt; ils nous font comprendre comment, dans un tissu végétal gorgé de liquide, certaines matières minérales pourront se déplacer d'un point à un autre, sans qu'il soit nécessaire qu'il y ait transport d'un liquide qui les entraîne. Ce déplacement se comprend d'autant mieux que nous avons constaté que la diffusion est beaucoup plus rapide dans une fibre végétale gorgée d'eau que dans l'eau elle-même. Si nous réunissons deux vases remplis d'eau par un siphon également rempli d'eau et que nous placions dans l'un et dans l'autre de ces vases des sels capables de réagir l'un sur l'autre, nous pourrons constater, par les changements de couleur qui prendront naissance, le mouvement des sels dans l'eau du siphon; en employant du ferrocyanure de potassium et du sulfate de cuivre, on remarque qu'après vingt-quatre heures, l'eau du siphon est encore complétement transparente et on n'aperçoit nullement le précipité rouge annonçant que les deux sels se sont rencontrés; mais ce précipité apparaît au contraire très-nettement dans un morceau de bagasse de Canne à sucre, qui, ayant séjourné dans l'eau pure pendant quelque temps, est employé à mettre en communication deux vases à sulfate de cuivre et à ferrocyanure de potassium; on a observé de même un précipité dû au transport des sels au travers d'une bande de tulle qui mettait deux autres vases en communication; enfin, cette diffusion du sel dans la bagasse peut être démontrée plus simplement en gorgeant d'eau son tissu spongieux et en ajoutant quelques gouttes de sulfate de cuivre à la partie supérieure

d'un fragment qui plonge par l'autre extrémité dans une dissolution de ferrocyanure; la coloration rose, puis brune, due à la diffusion du ferrocyanure dans l'eau qui imprègne la fibre végétale, a lieu en quelques heures.

§ XXII. — Endosmose des sels dans des vases poreux.

Si les belles expériences de M. Th. Graham peuvent éclairer quelques-unes des questions que nous voulons résoudre, elles n'ont pas cependant pour nous l'importance capitale que présente l'étude de l'endosmose des sels au travers des vases poreux.

Les expériences très-nombreuses que nous avons faites sur ce sujet ont eu pour but de mettre en relief chacune des causes qui peut influer sur le phénomène définitif qu'il s'agissait d'étudier, la pénétration en quantité plus ou moins grande d'un sel au travers des cellules de la racine.

§ XXIII. — Endosmose d'un sel dans un vase poreux renfermant de l'eau distillée.

Examinons d'abord le cas le plus simple : Un vase de verre renfermant une dissolution dans laquelle plonge un vase cylindrique en porcelaine dégourdie, semblable à ceux dont on fait usage dans les piles de Bunsen. Ce vase renfermait au commencement de l'expérience de l'eau distillée; tout le système est maintenu sous une cloche humide, de façon à empêcher l'évaporation des liquides, évaporation qui viendrait singulièrement compliquer les résultats. Rapidement il s'établit une diffusion au travers de la paroi poreuse et bientôt le sel extérieur pénètre dans le vase poreux; on prélève sur le liquide intérieur une certaine quantité de liquide et on dose le sel entré.

Citons quelques exemples des résultats obtenus.

Le 6 mars, on commence une expérience d'endosmose à l'aide du chlorure de potassium; on place dans le vase extérieur 150 centimètres cubes d'une dissolution de chlorure de potassium renfermant $0^{gr},378$ de chlorure, le vase poreux intérieur contient 50 centimètres cubes d'eau distillée; on arrête l'expé-

rience le 15 mars. Il n'y a plus à ce moment que 132 centimètres cubes dans le vase extérieur et il y en a 51 dans le vase intérieur; ces 132 centimètres cubes renferment $0^{gr},269$ de sel et les 51 centimètres cubes du vase intérieur, $0^{gr},085$ de chlorure; on remarquera d'abord qu'il y a perte d'une partie du sel qui reste imprégnée dans le vase poreux; en effet, $0^{gr},085 + 0^{gr},269 = 0^{gr},354$ au lieu de $0^{gr},378$; on voit aussi que l'équilibre n'est pas complétement établi, puisque 100 centimètres cubes du vase extérieur renferment après l'endosmose $0^{gr},206$ de chlorure, tandis que 100 centimètres cubes du vase intérieur n'en renferment que $0^{gr},196$, mais que la différence est très-faible; il manque dans le vase extérieur 18 centimètres cubes, qui se sont évaporés en partie et qui en partie ont pénétré dans le vase intérieur; toutefois il y a eu certainement diffusion, car en admettant que les 18 centimètres cubes du vase extérieur eussent pénétré dans le vase intérieur avec le sel qu'ils renfermaient, ce qui est évidemment très-exagéré, ils n'y auraient amené que $\frac{18 \times 0^{gr},378}{150} = 0^{gr},042$ de sel au lieu de $0^{gr},085$ de sel qu'on y a trouvé.

En même temps, le 6 mars, on avait disposé une expérience avec l'iodure de potassium; les 150 centimètres cubes du vase extérieur renfermaient $0^{gr},408$ de sel, et le vase intérieur 50 centimètres cubes d'eau distillée; on a arrêté l'expérience le 15 mars. A ce moment, les 135 centimètres cubes restant dans le vase extérieur renfermaient $0^{gr},297$ d'iodure et les 47 centimètres cubes restant du vase intérieur $0^{gr},109$, dont la somme représente exactement le poids employé, puisque $0^{gr},297 + 0^{gr},109 = 0^{gr},406$ au lieu de $0^{gr},408$; on remarquera qu'ici l'équilibre est complétement établi, puisque 100 centimètres cubes du vase extérieur renfermeraient $0^{gr},220$ d'iodure et 100 centimètres cubes du vase intérieur $0^{gr},226$ d'iodure.

Ainsi, dans ces expériences, après neuf jours, l'équilibre est à peu près établi des deux côtés de la paroi poreuse.

Dans une expérience double sur le sulfate de soude en disso-

lution plus concentrée, 1gr,202 par 100 centimètres cubes, on a trouvé les résultats suivants :

	35 centimètres cubes du vase extérieur donnent en sulfate de baryte.	35 centimètres cubes du vase extérieur donnent en sulfate de baryte.
	gr.	gr.
26 février 1866...	0,615	0,245
	0,603	0,213
1er mars 1866....	0,516	0,415
	0,492	0,394
7 mars 1866.....	0,516	0,450
	0,503	0,483
15 mars 1866....	0,520	0,516
	0,490	0,490

Ainsi, l'équilibre n'a été établi d'une façon définitive que le 15 mars, c'est-à-dire dix-sept jours après le commencement de l'expérience; cette expérience avait été disposée à l'air libre et pendant sa durée l'évaporation a été telle, que les liqueurs se sont de plus en plus concentrées.

Après un temps plus ou moins long, on constate que l'équilibre s'établit des deux côtés de la paroi poreuse, c'est-à-dire que des quantités d'eau égales, prises dans le vase extérieur et dans le vase poreux, renferment des quantités de sels égales aussi. On conçoit facilement qu'il en soit ainsi; la paroi poreuse doit nous apparaître comme criblée de trous imperceptibles, mais suffisants pour laisser passer une molécule saline. Dans des expériences sur des chlorures, on trouva dans un cas, après quarante-huit heures, dans la dissolution extérieure, 0gr,147 de chlorhydrate d'ammoniaque, et dans la dissolution intérieure, 0gr,145; dans une autre expérience, la quantité de chlorure de potassium fut trouvée exactement la même, 0gr,231 dans 50 centimètres cubes de la dissolution intérieure et dans 50 centimètres cubes de la dissolution extérieure.

Nous résumons dans le tableau suivant le résultat de nombreuses expériences, exécutées sur des sels variés, dans des conditions semblables aux précédentes, 100 centimètres cubes de dissolution étant introduits dans le vase extérieur, le vase intérieur renfermant 50 centimètres cubes d'eau pure. On prélevait, après quelques jours, 10 centimètres cubes de chaque

côté et l'on arrivait bientôt à constater que le titre des deux dissolutions était le même.

Expériences de diffusion de différents sels (l'équilibre est établi).

NATURE DES SELS ESSAYÉS.	SEL introduit dans le vase extérieur.	QUANTITÉ de sels contenue dans 50 cent. cubes de la dissolution extérieure.	QUANTITÉ de sels contenue dans 50 cent. cubes de la dissolution intérieure.	DURÉE de l'expérience.
Sulfate de potasse..........	0,349	0,139	0,137	9 jours.
Sulfate de soude...........	0,523	0,198	0,188	9 —
Sulfate de potasse..........	0,412	0,163	0,160	12 —
Chlorure de potassium......	0,367	0,102	0,098	9 —
Iodure de potassium........	0,470	0,110	0,110	9 —
Chlorure de potassium......	0,359	0,102	0,100	11 —

Nous ne saurions trop insister sur ce premier résultat d'expérience, il est capital et nous verrons que nous en tirerons d'importantes conséquences: les lois de la diffusion ne sont donc satisfaites qu'autant que, des deux côtés d'une paroi poreuse, un sel se trouve en dissolution également concentrée; aussitôt que l'équilibre est établi, le sel cesse d'entrer, le mouvement de diffusion s'arrête complétement.

§ XXIV. — Endosmose de dissolutions variées dans des vases poreux ayant pour but de montrer que des sels différents se diffusent avec la même rapidité.

Nous avons cru pendant longtemps que des sels différents, placés dans les vases extérieurs, se diffusaient dans l'eau des vases poreux avec une rapidité variable, et, en effet, si les expériences ne sont pas simultanées, il est très-difficile de voi les sels pénétrer de la même façon; toutefois, lorsqu'on opère avec un soin méticuleux, que des dissolutions également concentrées sont mises simultanément en expérience et qu'on opère avec des vases neufs, on trouve que des sels différents se diffusent avec une rapidité égale.

On verra, en effet, d'après le tableau suivant, que le titre des dissolutions après la diffusion est sensiblement le même lorsque

les expériences ont été conduites simultanément ; il est bien évident qu'il faut mettre fin à ces expériences assez rapidement et avant que l'équilibre soit établi, car sans cela on pourrait constater seulement cet équilibre sans savoir si les sels différents y sont arrivés dans des temps égaux.

Diffusion de différents sels dans des vases poreux de Bunsen, renfermant de l'eau.

Numéros des séries d'expérience.	NATURE DES SELS.	Durée de l'expérience.	Quantité de sel placé dans le vase extérieur avant la diffusion.	Quantité de sel trouvée dans le vase extérieur après la diffusion.	Quantité de sel trouvée dans le vase intérieur après la diffusion.	Quantité dans 10 cent. cubes du vase extérieur après la diffusion.	Quantité dans 10 cent. cubes du vase intérieur après la diffusion.
1.	Bicarbonate de soude..	22 h. 1/2	4,150	3,300	0,850	0,330	0,170
	Chlorure de potassium.	22 h. 1/2	4,150	3,281	0,869	0,328	0,173
	Iodure de potasssium..	22 h. 1/2	4,150	3,300	0,851	0,330	0,170
2.	Iodure de potassium . .	3 jours.	4,274	2,852	1,422	0,285	0,285
	Chlorure de potassium.	3 jours.	4,150	2,473	1,677	0,247	0,333[1]
3.	Bicarbonate de soude..	3 jours.	4,534	2,135	1,399	0,313	0,279
	Bicarbonate de potasse.	Idem. .	4,459	3,177	1,282	0,317	0,256
	Bicarbonate de soude. .	Idem. .	4,534	3,264	1,270	0,326	0,254
	Bicarbonate de potasse.	Idem. .	4,459	3,224	1,235	0,322	0,254

1 Il est probable qu'il y a eu dans cette expérience une petite erreur de dosage.

On peut donc tirer des expériences précédentes que vraisemblablement tous les sels se diffusent de la même façon, bien qu'il soit souvent difficile de le démontrer rigoureusement par l'expérience, car différentes causes influent sur la diffusion et déterminent souvent des différences sensibles. Au reste, pour le sujet spécial que nous traitons, cette différence de diffusion n'aurait pas une importance capitale ; en effet, nous reconnaissons que la diffusion tend à établir une concentration égale des deux côtés de la paroi poreuse ; si les sels avaient des puissances de diffusion différentes, cette différence s'accuserait par la rapidité plus ou moins grande avec laquelle le phénomène se produirait, mais l'équilibre finissant par s'établir après quelque temps, tous les sels solubles existant dans le sol finiraient par se rencontrer dans

la plante en quantités égales si diverses causes perturbatrices ne venaient modifier profondément les résultats précédents.

Ainsi, nous avons établi par l'expérience un second fait important, tous les sels se diffusent au travers de la paroi poreuse d'un vase renfermant de l'eau pure avec la même rapidité.

Il nous faut maintenant compliquer le phénomène et introduire dans le vase poreux non plus de l'eau pure, mais une substance qui pourra se combiner avec l'un des éléments placés extérieurement et constater comment la présence de cette matière influera sur la diffusion.

§ XXV. — Diffusion d'un sel dans un vase poreux renfermant une matière capable de se combiner avec le sel extérieur.

Qu'on place, par exemple, dans un vase poreux, un acide et extérieurement un sel dont l'un des éléments a une grande tendance à s'unir avec cet acide, et la diffusion de ce sel aura lieu plus rapidement et plus complétement que lorsque le vase intérieur renferme de l'eau pure.

L'expérience comparative suivante le démontre clairement : 2gr,249 de bicarbonate de potasse dans 100 centimètres cubes d'eau distillée sont placés dans un vase extérieur, on immerge dans cette dissolution un vase poreux renfermant de l'eau pure. Après vingt-quatre heures, on trouve que celle-ci renferme 0gr,069 de bicarbonate de potasse, c'est-à-dire que 10 centimètres cubes de la liqueur extérieure renfermaient à la fin de l'expérience 0gr,218 de bicarbonate de potasse, et que 10 centimètres cubes de la liqueur intérieure en renfermaient 0gr,013. La diffusion avait donc été très-faible; mais quand, au contraire, on plaça dans le vase extérieur de l'acide sulfurique, la dissolution fut infiniment plus rapide. En effet, après le même temps écoulé, on ne trouva plus dans le vase extérieur que 0gr,350 de bicarbonate de potasse; il était donc sorti 1gr,899 de sel qui avait pénétré dans le vase poreux, pour s'y combiner avec l'acide sulfurique; c'est-à-dire que la liqueur intérieure renfermait une quantité de potasse infiniment plus grande que la liqueur extérieure; il est remar-

quable, au reste, que dans cette expérience on n'ait eu qu'une exosmose très-faible ; en essayant la liqueur extérieure, on y a trouvé très-peu d'acide sulfurique.

Dans une autre expérience, on plaça dans le vase extérieur 3gr,958 de bicarbonate de potasse dissous dans 100 centimètres cubes d'eau, le vase intérieur renfermant 1gr,680 d'acide sulfurique; on fit l'essai, après une heure; au lieu de 3gr,958, la liqueur ne renfermait plus que 3gr,359 ; après deux heures, que 3gr,250 ; enfin après vingt-quatre heures, que 2gr,003.

On obtient encore des résultats analogues en plaçant l'alcali dans le vase poreux et l'acide en dehors; peut-être cependant la diffusion est-elle moins rapide.

§ XXVI. — Diffusion de deux sels mélangés dans un vase poreux renfermant de l'eau pure.

Nous avons opéré jusqu'à présent avec un seul sel, mais nous devons maintenant compliquer notre expérience et placer dans le vase extérieur deux sels différents en dissolution également concentrée, afin d'observer ce qui se produira.

Nous arrêterons l'expérience après un temps assez court, pour saisir le phénomène de diffusion encore en action, avant que l'équilibre soit établi.

Nous avons opéré avec un mélange de bicarbonate de soude et de chlorure de potassium, et simultanément dans une de nos expériences nous avons observé la diffusion du chlorure de potassium seul ; les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Numéros des expériences.	NOM DES SELS employés.	POIDS DU SEL introduit au commencement de l'expérience.	SEL CONTENU dans le vase extérieur avant l'expérience.	SEL CONTENU dans le vase intérieur avant l'expérience.	OBSERVATIONS.
1.	Bicarbonate de soude.	2,075	1,801	0,274	Ces deux sels étaient placés dans le même vase.
	Chlorure de potassium.	2,075	1,726	0,249	
	Chlorure de potassium.	2,075	1,726	0,249	Ce sel était seul.
2.	Bicarbonate de soude.	1,037	0,870	0,167	Ces deux sels étaient placés dans le même vase.
	Chlorure de potassium.	1,037	0,867	0,170	

On reconnaîtra à l'inspection de ce tableau que les deux sels

ont pénétré comme s'ils étaient seuls, quelque fût le degré de concentration des liqueurs ; mais nous allons reconnaître qu'il n'en sera plus ainsi, si nous mélangeons dans le vase extérieur deux sels dont un seul pourra contracter une combinaison avec la substance introduite dans le vase poreux.

§ XXVII. — Diffusion d'un mélange de deux sels dont l'un peut se combiner avec la matière placée dans le vase poreux.

L'expérience a été faite avec un mélange de sel marin et de bicarbonate de potasse. On avait introduit $3^{gr},111$ de bicarbonate de potasse et $3^{gr},111$ de sel marin dans 150 centimètres cubes placés dans le vase extérieur ; intérieurement on avait placé 50 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué. Après deux heures de contact, on a trouvé qu'il était déjà entré une quantité notable de bicarbonate de potasse, tandis que le titre de la liqueur en sel marin n'avait pas encore changé ; après vingt-quatre heures, on a trouvé que la liqueur extérieure avait perdu $0^{gr},825$ de bicarbonate de potasse et seulement $0^{gr},210$ de sel marin ; on a reconnu que la diffusion avait eu lieu du vase extérieur vers l'acide intérieur, car la liqueur extérieure ne renfermait que des traces d'acide sulfurique. Une autre expérience, disposée de la même façon, a encore donné des résultats analogues, sans que toutefois on ait constaté, comme dans celle que nous venons de décrire, que la présence de l'acide sulfurique dans le vase intérieur ait retardé la diffusion du sel marin.

On put donc conclure de ces deux essais que la présence dans le vase poreux d'une substance capable de se combiner avec l'un des sels contenus dans le vase extérieur détermine la diffusion plus abondante de celui-ci. Cette cause perturbatrice modifie donc profondément les lois de la diffusion ; tous les éléments solubles n'entrent plus avec la même vitesse, l'un s'accumule rapidement dans le vase poreux, tandis que l'autre, sollicité seulement par la force de diffusion, n'y pénètre qu'avec une certaine lenteur ; et si l'on met fin à l'expérience après un certain temps, on pourra dire que le vase poreux renfermant un acide *a fait une sorte de choix* dans les substances qu'il avait à sa disposition et qu'il a pris l'une en plus grande quantité que l'autre.

§ XXVIII. — Accumulation dans un vase poreux des éléments d'un sel par leur précipitation à l'état insoluble.

On peut troubler l'équilibre qui tend à s'établir des deux côtés d'une paroi poreuse en précipitant un des éléments à mesure qu'il pénètre au travers de cette paroi poreuse.

Dans un vase de verre on place une dissolution de sulfate de cuivre, à l'intérieur d'un vase de Bunsen de l'eau distillée; le sulfate de cuivre pénètre bientôt dans cette eau distillée, mais chaque jour on ajoute dans celle-ci quelques gouttes d'eau de baryte qui précipitent l'acide sulfurique à l'état de sulfate et l'oxyde de cuivre à l'état d'hydrate; une nouvelle quantité de sel pénètre pour remplacer celle qui a disparu; cette nouvelle quantité est précipitée à son tour, et ainsi de suite; quand on met fin à l'expérience, on trouve que la précipitation ayant cessé pendant quelque temps, la liqueur a le même titre à l'intérieur et à l'extérieur, car 115 centimètres cubes extérieurs renferment $0^{gr},393$ de sulfate de cuivre et 58 centimètres cubes intérieurs $0^{gr},201$, c'est-à-dire que 100 centimètres cubes extérieurs contiendraient $0^{gr},361$ de sulfate de cuivre et 100 centimètres cubes intérieurs $0^{gr},366$; mais en recueillant le précipité resté au fond du vase poreux, on trouve $0^{gr},725$ de sulfate de baryte correspondant à $0^{gr},496$ de sulfate de cuivre; de façon qu'à la fin de l'expérience, il reste extérieurement $0^{gr},393$ de sel et intérieurement il a pénétré $0^{gr},201 + 0^{gr},496 = 0^{gr},697$ de sulfate de cuivre.

En répétant cette même expérience, on a trouvé, au moment où elle a été terminée, que 100 centimètres cubes de liquide extérieur renfermaient $0^{gr},330$ de sulfate de cuivre et 100 centimètres cubes du liquide intérieur $0^{gr},329$; mais il existait dans le vase extérieur un précipité de sulfate de baryte et d'oxyde de cuivre correspondant à $0^{gr},537$ de sulfate de cuivre, de telle sorte que par cet artifice on était parvenu à faire pénétrer dans le vase poreux $0^{gr},537 + 0^{gr},181$ de sulfate de cuivre $= 0^{gr},718$, tandis qu'il n'en restait que $0^{gr},364$ extérieurement.

On nous permettra d'insister sur cette expérience, qui

présente pour nous une importance capitale : quand on précipite à l'intérieur du vase poreux une substance qui se trouve dans l'eau extérieure, on peut faire pénétrer dans le vase poreux une quantité considérable du sel contenu dans l'eau extérieure et accumuler ainsi un élément en quantité infiniment plus grande que si la précipitation n'avait pas eu lieu.

On reconnaît dans ce cas, comme dans le précédent, une application particulière des lois de la diffusion ; toujours l'équilibre tend à s'établir, et il n'est établi qu'autant qu'il existe des deux côtés de la paroi un même sel en quantités égales. Si ce sel se combine avec un élément qui l'amène à un nouvel état, il est modifié et l'eau qui ne le renferme plus à son état primitif peut en recevoir une nouvelle quantité qui vient remplacer celle qui a disparu ; cette diffusion se continuera tant que la cause perturbatrice empêchera l'équilibre de s'établir, mais aussitôt que cette cause cessera, l'équilibre s'établira et les liquides des deux côtés de la paroi renfermeront des sels en quantités égales, ainsi qu'on vient de le voir dans l'exemple précédent.

Nous avons résumé tous les faits relatifs aux diffusions influencées par la combinaison ou la précipitation dans le tableau suivant :

Diffusion dans des vases poreux renfermant des acides, ou une matière capable de précipiter la substance diffusée.

NOM DES SELS placés dans le vase extérieur.	DURÉE de l'expérience.	POIDS du sel contenu dans le vase extérieur.	POIDS DU SEL contenu dans le vase intérieur avant l'expérience.	POIDS du sel contenu dans le vase extérieur après l'expérience.	POIDS DU SEL contenu dans le vase intérieur après l'expérience.
	Heures.				
Bicarbonate de potasse.	24	2,249	Eau.............	2,180	0,069
Bicarbonate de potasse.	24	2,249	Acide sulfurique. .	0,350	1,899
Bicarbonate de potasse.	1	3,958	1,680 acide sulfur.	3,369	0,589
Bicarbonate de potasse.	2	3,958		3,250	0,708
Bicarbonate de potasse.	24	3,958		2,003	1,955
Chlorure de sodium. .	24	3,111	Acide sulfurique...	2,901	0,210
Bicarbonate de soude. .		3,111		2,286	0,825
Sulfate de cuivre.....	»	0,990	On ajoute tous les jours de l'eau de baryte. . .	0,293	0,201 0,496 précip.
Sulfate de cuivre.....	»	1,082	Id.	0,364	0,181 0,537 précip.

§ XXIX. — **Diffusion d'un sel dans un vase poreux renfermant un sel de même nature et un sel différent de celui qui existe extérieurement.**

La présence d'un sel dans le vase poreux, en s'opposant à la diffusion du même sel, n'empêche pas cependant celle d'un sel différent, on assiste habituellement toutefois à une exosmose du sel intérieur s'il est dans le vase poreux en dissolution plus concentrée que dans le vase extérieur.

On a mis dans le vase extérieur $0^{gr},238$ d'acétate de chaux et $0^{gr},404$ de sel ammoniac, et intérieurement $0^{gr},297$ d'acétate de chaux, on a trouvé, après vingt-quatre heures, $0^{gr},065$ de sel ammoniac, mais une partie de l'acétate de chaux était sortie du vase intérieur; on observe des résultats analogues en employant l'azotate de chaux et le sel ammoniac.

§ XXX. — **Évaporation simultanée d'un mélange de carbonate de chaux, de silice ou de phosphate de chaux et de sel marin.**

Il existe un certain nombre de matières susceptibles de se dissoudre dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure; ce sont précisément ces matières qui finissent par former entièrement les cendres contenues dans les feuilles, et il était important de reconnaître ce qui arriverait lorsqu'on soumettrait à l'évaporation spontanée un mélange d'une de ces matières et d'un sel soluble dans l'eau pure. On se servit comme appareil d'évaporation d'une bande de tulle ou d'une mèche de coton, dans laquelle le liquide monte facilement par capillarité, ainsi qu'il est facile de le constater en mouillant la bande de tulle et en la plaçant dans une dissolution colorée.

Pour reconnaître si cette évaporation pouvait faciliter d'une façon particulière le dépôt des substances insolubles dans l'eau mais solubles dans l'acide carbonique, on disposa l'expérience suivante : dans deux vases de verre de forme semblable on plaça respectivement des dissolutions de bicarbonate de chaux et de sel marin; des bandes de tulle plongeaient par une de leurs extrémités dans les liquides et les deux sels s'élevaient dans le tissu.

L'expérience fut arrêtée après quelques jours, et l'on dosa les sels restant dans les deux dissolutions; on connaissait le titre primitif, on put ainsi reconnaître quelles étaient les quantités de sels qui s'étaient fixées sur les bandelettes; on reconnut que la dissolution de sel marin avait perdu 27 p. 100 du sel primitif et le bicarbonate de chaux 62 p. 100. La raison de cette différence nous paraît analogue à celle que nous avons donnée plus haut; pour que l'équilibre d'une dissolution soit établi, il faut que le sel obéissant à la force de diffusion, existe en quantités semblables dans tous les points du liquide; cet équilibre est rompu par une cause quelconque, une nouvelle quantité de sel se dirigera vers ce point: or, le bicarbonate de chaux en dissolution dans l'eau est un corps très-facile à décomposer; exposé à l'évaporation, son acide carbonique se dégage et du carbonate de chaux se précipite; les stalactites, si abondantes dans les grottes des pays calcaires, n'ont pas une autre cause; le sel marin, au contraire, est très-stable et ne se décompose nullement par l'évaporation. On conçoit donc que, dans les deux vases, il se produise des effets très-différents : dans l'un, l'eau chargée d'acide carbonique et de carbonate de chaux va s'élever dans les bandes de tulle, mais bientôt l'acide carbonique, abandonnant le carbonate de chaux, celui-ci devient insoluble et se précipite; dès lors, l'équilibre est rompu, de l'eau plus pauvre en carbonate de chaux que celle de la dissolution existe dans les bandes de tulle et une nouvelle quantité de bicarbonate de chaux va être attirée pour combler le vide qu'a causé l'évaporation; cette nouvelle quantité de carbonate de chaux va se précipiter à son tour, et le même phénomène se reproduisant constamment, la liqueur s'appauvrira rapidement au profit des bandes de tulle qui se chargent d'une quantité croissante de carbonate de chaux.

Il n'en sera pas de même du sel marin; l'eau, en s'évaporant dans les bandes de tulle, va y laisser une dissolution plus concentrée que celle qui existe dans l'eau même, et cette concentration retardera l'arrivée d'une nouvelle quantité de sel; il y aura même reflux du sel marin des bandelettes vers la

liqueur, et si celle-ci s'appauvrit c'est probablement par suite d'une sorte d'adhérence capillaire exercée par le tulle sur le sel marin.

Si nous mélangeons dans le même verre des dissolutions de sel marin et de bicarbonate de chaux et que nous y disposions des bandes de tulle comme précédemment, nous obtiendrons encore des résultats semblables : sur 100 parties de bicarbonate de chaux contenues dans la dissolution, 22 disparaissent, tandis qu'il n'en disparaît dans le même temps que 5 de sel marin.

Dans une troisième expérience, on a trouvé que la dissolution avait perdu par l'évaporation dans les bandelettes 14 p. 100 du bicarbonate de chaux qu'elles renferment et 7 p. 100 de sel marin.

Des résultats analogues furent encore obtenus avec la silice et le sel marin placés dans un vase de verre garni de bandelettes de tulle : pendant que la liqueur ne perdait que 2,2 pour 100 du sel marin qu'elle renfermait, elle s'appauvrissait de 26 p. 100 de silice.

Enfin, le phosphate de chaux et le sel marin donnent encore des résultats semblables; tandis que la liqueur renfermait à la fin de l'expérience la même quantité de sel qu'au commencement, car on avait eu soin de tordre la mèche de coton servant d'organe d'évaporation pour en exprimer la dissolution concentrée qu'elle renfermait, on trouva que 11 pour 100 du phosphate de chaux avait disparu.

CHAPITRE VI.

EXPLICATION DE L'ACCUMULATION DES PRINCIPES MINÉRAUX DANS LES ORGANES DES VÉGÉTAUX.

Nous avons formulé plus haut les lois de la diffusion, nous avons indiqué aussi à quels états différents les substances minérales se rencontraient dans les plantes, et nous devons maintenant profiter de ces expériences pour expliquer le fait même que nous étudions dans ce mémoire, c'est-à-dire l'accumulation de principes minéraux déterminés dans les organes des végétaux.

§ XXXI. — Explication des faits établis par Th. de Saussure.

Nous chercherons d'abord à interpréter, en nous appuyant sur les connaissances précédentes, les faits établis par Th. de Saussure dans les expériences où il fit végéter des plantes dans des dissolutions salines de diverses natures ; nous avons vu que Th. de Saussure avait tiré de ses expériences deux conclusions différentes :

1° Les plantes ont toujours pris plus d'eau que de sels ;

2° Elles n'ont pas pris des quantités de sels égales entre elles.

On trouvera facilement l'explication du premier fait dans les lois de la diffusion que nous avons formulées plus haut ; en effet, une plante est essentiellement un appareil d'évaporation, et cette propriété était mise en jeu avec une grande énergie dans l'expérience de Th. de Saussure, puisqu'il l'arrêtait quand la plante avait sucé la moitié du liquide dans laquelle elle baignait ; il y a donc constamment endosmose de l'eau, elle pénètre peu à peu dans la plante pour remplacer celle qui disparaît par évaporation, et ceci ne présente pas de difficultés ; mais pour comprendre pourquoi le sel n'est pas entré en même temps que l'eau, il faut nous reporter aux considérations précédentes : si nous supposons qu'au commencement de l'expérience l'eau contenue dans la plante ne renfermait aucun sel en dissolution, la force de diffusion déterminera un afflux du sel contenu dans l'eau extérieure, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'eau, qui gorge la plante, ait une concentration égale à l'eau extérieure ; à ce moment, l'équilibre étant établi, le sel ne peut plus entrer ; mais nous avons vu d'autre part que l'eau est constamment attirée par suite du vide produit par l'évaporation, il y aura donc séparation entre le liquide extérieur et le sel qu'il tient en dissolution : tandis que l'eau continuera son mouvement, le sel au contraire s'arrêtera. Quand on mettra fin à l'expérience, la dissolution se sera concentrée.

Cette conséquence se déduit forcément des faits précédents où nous avons vu qu'un sel n'entrait dans un vase poreux

qu'autant que l'eau de celui-ci ne renfermait pas une quantité de sel égale à celle qui existait dans la dissolution extérieure. Aussitôt l'équilibre établi, la diffusion s'arrêtait, elle devait donc s'arrêter aussi dans l'expérience de Saussure, tandis que l'eau était entraînée par le mouvement d'endosmose.

Cette expérience célèbre établit donc que l'endosmose de l'eau est indépendante de l'endosmose des sels, qu'une dissolution saline complexe n'entre pas forcément avec tous ses éléments dans la plante elle-même, et que l'eau peut abandonner les sels qu'elle renferme si la dissolution intérieure présente un degré de concentration égale à la dissolution extérieure.

Quant au second fait établi par Th. de Saussure en employant des dissolutions uniques, il importe de le soumettre à un examen précis; le sulfate de cuivre est entré dans tous les cas beaucoup mieux que tous les autres sels, et Th. de Saussure en donne lui-même la raison : l'acidité de ce sel a été suffisante pour désorganiser le chevelu et, par suite, la plante faisant en quelque sorte partie intégrante de la dissolution, nous n'avons plus affaire à un phénomène de diffusion, mais en quelque sorte à un phénomène d'endosmose, la dissolution a pénétré sans changement, et en effet nous trouvons qu'en absorbant la moitié de l'eau, la plante a absorbé la moitié du sel; or, il est probable que cet effet si manifeste dans le cas du sulfate de cuivre, s'est produit dans une certaine mesure avec d'autres sels; Th. de Saussure dit, en effet, « les quantités absolues de sels, de gomme, de sucre, absorbées n'ont jamais été les mêmes dans deux expériences semblables. Je me suis bientôt aperçu que les anomalies provenaient du différent état des racines qui absorbaient plus de matière dissoute lorsqu'elles étaient moins vigoureuses. » Il faut remarquer enfin que si des sels se diffusent de la même façon dans l'eau pure, la diffusion n'est plus la même dans une eau déjà chargée du sel qu'il s'agit de faire pénétrer, et je ne serais pas étonné que la faible diffusion de l'acétate de chaux et de l'azotate de chaux observée par Th. de Saussure, fût due à la présence dans la plante d'un sel de chaux.

§ XXXII. — **Accumulation des sulfates et des iodures dans les plantes marines.**

L'accumulation dans les plantes marines des sulfates et des iodures au détriment des chlorures qui, bien qu'existant encore dans les cendres de la plante en proportion notable, n'y dominent plus comme dans les eaux de la mer, sera facilement expliquée à l'aide des faits cités plus haut; nous avons constaté, en effet, que les sulfates étaient souvent combinés avec la matière végétale et qu'il en était de même des iodures; ces sels étaient parfois combinés avec une énergie suffisante pour qu'un lavage prolongé à l'eau bouillante fût impuissant à les enlever, et c'est précisément de cet état de combinaison que nous voulons tirer l'explication du fait de l'accumulation; pour mieux saisir le mécanisme de cette opération, supposons que la plante soit à un moment donné imprégnée d'eau de mer présentant la même composition que l'eau extérieure, la force qui détermine la combinaison de l'iodure avec la matière organique étant mise en jeu, ce sel sera fixé à l'état insoluble et dès lors disparaîtra de la dissolution intérieure; aussitôt que cette fixation a eu lieu, l'équilibre que nous avons supposé exister au commencement de l'expérience est rompu, et dès lors une nouvelle quantité d'iodure doit pénétrer dans la plante pour que l'eau qui l'imprègne présente de nouveau la composition qu'elle avait avant la fixation de cet iodure; une nouvelle quantité de ce sel pénètre donc, elle est fixée de nouveau, et l'équilibre rétabli est de nouveau troublé; tant que la plante sera dans l'eau de mer, le même phénomène se produira et l'on comprendra dès lors que l'iodure s'y accumule comme dans un vase poreux on accumule un sel en le précipitant à mesure qu'il y pénètre.

Le même raisonnement s'applique exactement à l'accumulation des sulfates, puisque ces sulfates forment aussi avec la matière végétale une combinaison insoluble, et nous comprenons dès lors comment dans une plante marine peut s'accumuler un sel au détriment des autres matières dissoutes dans l'eau de mer.

§ XXXIII. — Accumulation de la silice dans les tiges des Graminées, dans les Fougères, etc.

Nous avons démontré que l'acide silicique existait dans quelques-unes des plantes où il se trouve en quantité très-notable à un état d'insolubilité telle qu'il résistait à l'action d'une dissolution alcaline bouillante et étendue ; pour l'enlever, il fallait désorganiser profondément la substance végétale elle-même. En nous appuyant sur les faits de diffusion établis dans le chapitre V, et sur l'excellence de cette combinaison insoluble contractée par la silice avec la matière végétale, nous pouvons établir le mécanisme de l'accumulation de cette silice. Quand la jeune tige de Froment commence à se développer, elle absorbe tous les éléments solubles qui se trouvent dans le sol, à proximité des racines, et parmi ceux-là de l'acide silicique qui peut se rencontrer sous une modification soluble dans l'eau et cristalloïde. Celui-ci pénètre donc dans la plante avec les autres éléments solubles, mais bientôt la silice s'unit à la matière végétale, forme une combinaison insoluble, est précipitée, et dès lors la séve est appauvrie de silice; la force de diffusion agit alors pour déterminer une nouvelle arrivée de cet acide qui subit bientôt la même fixation que les quantités entrées d'abord; les autres substances, au contraire, qui ne forment aucune union avec les tissus de la plante, restent en dissolution dans la séve s'y trouvent bientôt à un état de concentration supérieure à celle qu'ils présentent dans l'eau qui imprègne le sol, de telle sorte qu'ils opposent un obstacle à la pénétration des matières semblables qui existent dans le sol. Ainsi pendant que l'eau continue son cours régulier et pénètre dans la jeune tige par endosmose, la silice l'accompagne en quelque sorte et peut même la devancer en cheminant plus vite qu'elle, tandis que les autres éléments, au contraire, sont repoussés par les éléments semblables qui existent encore dans la dissolution intérieure.

C'est donc la combinaison de la silice avec la cellulose des Céréales ou des Fougères qui nous paraît être la cause principale de l'accumulation de la silice dans certains végétaux, mais

on conçoit qu'il nous resterait un point capital à établir pour que notre démonstration fût complète : pourquoi la silice ne se fixe-t-elle pas de la même façon dans toutes les plantes, la cellulose n'est donc pas identique dans tout le règne végétal?

Nous n'avons malheureusement pas pu encore démontrer clairement que la cellulose des Céréales est différente de celle des Légumineuses, par exemple, qui ne renferme pas de silice, mais on sait déjà que l'opinion émise autrefois par M. Payen sur l'identité du principe qui constitue les vaisseaux et les cellules des plantes dans tout le règne végétal a été très-ébranlée par les expériences de M. Fremy; aussitôt qu'on a eu entre les mains un réactif capable d'agir sur la cellulose, on a reconnu entre les matières qui forment les tissus des végétaux des différences sensibles, et j'ai eu occasion moi-même de constater que les cellules extrêmement fines et déliées qu'on aperçoit dans le champ du microscope, quand on examine l'extrémité du chevelu des racines, ne se dissolvent pas dans la liqueur cupro-ammonique, tandis que les fibres du Coton ou même les appendices qui se développent surtout dans les racines des plantes venues dans du sable s'y dissolvent rapidement ; il est donc vraisemblable que la matière qui constitue les cellules des plantes n'est pas toujours identique, mais comprend au contraire tout un groupe d'isomères.

§ XXXV. — Accumulation des bases.

Les causes de l'accumulation d'un principe minéral à l'exclusion d'un autre apparaissent maintenant avec assez de netteté pour que nous n'ayons pas besoin d'insister sur les causes qui déterminent l'accumulation des bases; il est clair qu'aussitôt qu'un acide apparaît dans un végétal il détermine l'afflux d'un corps capable de se combiner avec cet acide ; si l'on se rappelle que dans un vase poreux, où l'on place de l'acide sulfurique, on voit pénétrer rapidement du carbonate de potasse, tandis que du sel marin ne s'y diffuse qu'avec lenteur, on conçoit que si l'acide oxalique se développe dans le Cactus, ou dans l'Oseille, ou dans la Betterave, l'acide malique dans les baies de Sorbier,

l'acide citrique dans la Pomme de terre, l'acide tartrique dans les Raisins, ces acides doivent déterminer un afflux de bases qui n'aurait pas lieu sans leur présence. Nous insisterons cependant sur cette cause d'assimilation parce qu'elle nous paraît expliquer certains faits importants dévoilés par les expériences récentes que nous avons faites à l'École de Grignon; nous avons essayé les engrais de potasse sur des cultures de Betteraves et de Pommes de terre, et, bien que les cendres que laissent ces plantes à la calcination soient riches en alcalis, ces engrais n'ont produit aucun effet avantageux. Les considérations précédentes permettent de se rendre compte de faits semblables; on conçoit, en effet, que si les alcalis sont simplement appelés dans le végétal par la formation d'un acide qui est en quelque sorte un produit secondaire et dont la saturation n'influe pas sur le développement de la végétation, ces alcalis n'ont eux-mêmes qu'une médiocre influence et ne contribuent pas à augmenter la vigueur du végétal dans lequel ils pénètrent.

§ XXXV. — Accumulation du carbonate de chaux et de la silice dans les feuilles et dans l'écorce du bois.

Nous avons cité dans le premier chapitre de ce mémoire l'observation importante de M. le Dr Zœller qui nous enseigne que les vieilles feuilles ne renferment plus guère que de la silice et du carbonate de chaux; on rencontre aussi ce sel dans l'écorce des arbres; quant à l'acide phosphorique et à la potasse, d'abord abondants dans les feuilles au commencement de la végétation, ils disparaissent plus tard au moment de la formation de la graine.

On remarquera donc que la feuille et l'écorce, les organes d'évaporation par excellence, renferment surtout les principes solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure; or, si l'on se reporte aux expériences citées plus haut sur l'évaporation simultanée d'un mélange de sel marin et de silice, de sel marin et de carbonate de chaux, de sel marin et de phosphate de chaux, dans des vases où plongeaient des mèches de coton ou des bandes de tulle, on reconnaîtra que les principes qui ont disparu en plus grande proportion des

liquides ont été précisément ces principes solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique et insolubles dans l'eau pure, et le raisonnement que nous avons appliqué à la concentration dans les mèches de coton de ces sels s'appliquera également à leur accumulation dans les feuilles ou dans l'écorce; qu'une dissolution de silice ou de bicarbonate de chaux pénètre, en effet, dans un végétal et elle tendra à se répandre uniformément dans toute sa masse, elle arrivera aux feuilles, là elle éprouvera une modification particulière; en effet, l'acide carbonique, qui tenait les sels en dissolution, sera évaporé ou décomposé et par suite le carbonate ou la silice seront précipités, la liqueur qui gorge la feuille ou l'écorce sera donc appauvrie de ces sels solubles dans l'eau chargée d'acide carbonique, mais insolubles dans l'eau pure, et à mesure que la feuille aura plus longtemps fonctionné comme appareil d'évaporation, à mesure elle se sera enrichie de silice ou de carbonate de chaux; elle s'appauvrit en même temps d'acide phosphorique et de potasse, nous verrons un peu plus loin à quelle cause on peut attribuer ce dernier effet.

Nous pouvons encore tirer des faits précédents l'explication d'une ancienne observation de Th. de Saussure : « Les cendres de l'écorce contiennent, » dit-il, « une beaucoup moins grande proportion de sels alcalins que les cendres du bois et de l'aubier. » — « Les cendres de l'écorce contiennent une énorme proportion de carbonate de chaux », ajoute-t-il plus loin. « L'écorce ne se renouvelle que très-lentement, elle est exposée pendant toute l'année au lavage de la pluie et des rosées, elle doit plus qu'aucune partie être dépouillée de sels solubles. » Th. de Saussure reconnaît au reste que cette explication est insuffisante; mais nous n'aurons pas de peine à tirer de nos expériences précédentes la raison du fait qu'il énonce.

L'écorce, comme les feuilles, fonctionne comme un appareil d'évaporation; c'est donc là que l'acide carbonique va se dégager et abandonner le carbonate de chaux qu'il tenait en dissolution, et comme c'est dans l'écorce que la séve s'appauvrit de carbonate de chaux, c'est vers ce point que le carbonate de

chaux se dirigera pour venir rétablir un équilibre à chaque instant rompu. Il n'en sera pas de même, au reste, des dissolutions alcalines, elles ne se décomposent pas par l'évaporation, elles ne subissent dans l'écorce qu'une concentration qui doit forcément faire refluer les sels alcalins vers le centre où existe une dissolution plus étendue, puisque dans l'intérieur du tronc la séve n'est soumise à aucune évaporation.

On voit donc que l'explication de l'accumulation du carbonate de chaux dans l'écorce, que le partage inégal qui se fait des sels alcalins et des sels de chaux entre l'écorce et le bois, reposent encore sur les expériences faites avec le bicarbonate de chaux et le sel marin dans les vases où plongeaient les bandelettes de tulle.

§ XXXVI. — Accumulation des phosphates.

Les considérations précédentes s'appliquent encore à l'accumulation des phosphates, mais celle-ci exige cependant une étude plus minutieuse; on rencontre parfois les phosphates dans les jeunes feuilles, dans les jeunes organes où sont accumulées également les matières azotées, et l'on comprend que la combinaison de ces matières azotées et de ces phosphates soit la cause de l'accumulation élective de ces sels; puisque nous avons vu qu'un carbonate alcalin placé dans un vase poreux était en quelque sorte altéré par un acide énergique qui pouvait réagir sur lui, nous comprenons que les phosphates soient attirés par les matières albuminoïdes, même quand celles-ci sont solubles ainsi qu'on le constate dans les tubercules de Pomme de terre. On conçoit aussi que du phosphate de chaux insoluble dans l'eau chargée d'acide carbonique puisse s'accumuler dans les feuilles par suite de la volatilisation ou de la décomposition de cet acide carbonique; mais les phosphates présentent un phénomène des plus curieux bien constaté, dont nous ne pouvons toutefois qu'indiquer les causes probables sans les préciser.

Lorsque la graine apparaît, il se produit dans la plante un phénomène de transport des plus remarquables, qui a été très-bien étudié par M. Isidore Pierre dans le Froment et le Colza, et

qui apparaît également dans les analyses de feuilles de M. Zœller citées plus haut : les phosphates et en même temps les matières azotées et la potasse s'échappent des feuilles qui les renfermaient et vont s'accumuler dans les graines ; le fait est tellement visible qu'il a été observé même par les cultivateurs, qui ont remarqué qu'un fourrage monté en graine était bien moins nourrissant que s'il était récolté plus tôt.

La question est donc ici compliquée du mouvement de ces phosphates dans la plante, et il faudrait trouver la cause qui détermine cette migration des phosphates et leur accumulation sur un point déterminé ; il est remarquable que, si l'on examine l'état des phosphates et des matières azotées dans les tubercules, on trouve qu'ils y sont solubles ; dans du jus de Pommes de terre, il existe du phosphate de chaux soluble et en même temps de l'albumine en dissolution qui se précipite par l'ébullition ; dans le jus de Betteraves, cette albumine est aussi soluble. Or, dans les graines, l'albumine est souvent insoluble ; ainsi, dans le Froment, la plus grande partie de la matière azotée est insoluble, et dans ce cas on comprendrait que la cause de l'accumulation dans la graine fût la précipitation de l'albumine et des phosphates en ce point particulier ; si, en effet, il existe dans la graine une cause déterminant l'insolubilité des matières azotées, on comprend que de toutes les parties du végétal les phosphates et l'albumine vont se diriger vers le point où l'équilibre de la dissolution est troublée par la précipitation ; mais cette explication est insuffisante, car les Pois renferment une matière azotée et des phosphates en quantité notable, et cependant cette matière azotée est soluble dans l'eau.

Il reste donc encore là une grande indécision sur la cause qui détermine la migration des phosphates au travers de tout le végétal. Nous nous efforçons en ce moment de déterminer les causes de cette migration, mais il nous est encore impossible de rien préciser.

Nous avons essayé, dans ce travail, de montrer qu'on peut attribuer à la diffusion, à l'évaporation, à la combinaison chi-

mique, le choix exécuté par les plantes au milieu des substances minérales variées que leur offre le sol dans lequel s'enfoncent leurs racines.

On voit que nous nous sommes surtout appuyés sur les remarquables travaux de M. Th. Graham sur la diffusion, travaux qui, dès leur apparition, nous avaient singulièrement frappé (1), et les études que nous poursuivons encore dans cette voie nous montrent que M. Th. Graham a ouvert une voie des plus fécondes pour la physique végétale ; car, ainsi que nous l'avions écrit à la première page du mémoire que l'Académie, trop indulgente sans doute, a bien voulu récompenser, il est rare qu'une découverte dans les sciences physiques ne trouve pas son application en physiologie.

Les recherches résumées dans ce travail ont été commencées pendant l'automne de 1863, et poursuivies depuis lors avec le concours de plusieurs de mes élèves et notamment avec l'aide attentive et zélée de M. E. Landrin, licencié ès-sciences, avec lequel je poursuis aujourd'hui les recherches sur la diffusion.

(1) *Annuaire scientifique de 1864. — La sécrétion et l'absorption chez les êtres vivants.*

RECHERCHES

POUR SERVIR

A L'HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE DES MUCÉDINÉES.

FERMENTATION GALLIQUE.

Par M. Ph. VAN TIEGHEM.

Scheele obtint pour la première fois l'acide gallique, en 1786, par le pourrissage des noix de galle à l'air libre, et c'est encore de cette manière qu'on le prépare aujourd'hui dans l'industrie. Dans la pensée de Scheele, l'acide existe tout formé dans la noix ; le pourrissage, en détruisant les matières qui en masquent les propriétés, ne fait que le mettre en évidence. M. Pelouze a montré, au contraire, en 1833, que l'acide gallique ne préexiste pas, mais qu'il résulte de la transformation lente du tannin au contact de l'air, et depuis lors les opinions les plus diverses ont été émises tant sur la cause prochaine que sur les produits de cette métamorphose.

Cause prochaine du phénomène. — Pour M. Pelouze, c'est en absorbant directement l'oxygène de l'air et en le remplaçant par un volume égal d'acide carbonique, c'est-à-dire en perdant par combustion directe une partie de son carbone, que le tannin se convertit en acide gallique : $C^{18}H^{8}O^{12} + 8O = C^{14}H^{8}O^{12} + 4CO^{2}$; à l'abri de l'air, la dissolution se conserve indéfiniment (1). C'est encore pour M. Liebig une combustion lente (érémacausie), mais elle est indirecte, et porte d'abord sur le ligneux pour se communiquer ensuite par entraînement au tannin (2).

(1) Pelouze, *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LIV, p. 337 (1833).

(2) Liebig, *Revue scientifique*, juin 1840. Plus tard, M. Liebig a admis à son tour l'idée de fermentation : « Outre le tannin, dit-il, l'extrait de noix de galle renferme une substance particulière qui se décompose au contact de l'eau et sous l'influence de laquelle le tannin éprouve une métamorphose semblable. » (*Lettres sur la chimie*, p. 137, 1847.)

Sans nier l'oxydation du tannin dans sa dissolution aqueuse, Robiquet, ayant remarqué que, dans l'infusion de noix de galle, la transformation peut s'opérer en vase clos, croyait « à la présence de principes qui facilitent la réaction, et servent pour ainsi dire de *ferment* » (1). M. Laroque confirma bientôt cette idée, en montrant que les substances qui s'opposent d'ordinaire aux fermentations alcoolique et putride arrêtent aussi la conversion du tannin en acide gallique; pour lui, comme pour Robiquet, le ferment se trouve dans le résidu de la noix de galle épuisée par l'éther, ce qui ne l'empêche ni d'attribuer en même temps à la levûre de bière, à la chair musculaire, au sang, à la matière caséeuse, le pouvoir de détruire le tannin; ni d'admettre encore, à l'exemple de Robiquet, que la transformation peut s'accomplir aussi, quoique plus lentement, par oxydation directe, comme l'avait avancé M. Pelouze (2). Aussi, après avoir rendu compte de ces expériences si peu précises, M. Dumas ajoute-t-il : « Ces observations rendent sans doute fort vraisemblable l'existence d'une fermentation gallique ; mais avant de l'admettre, il conviendrait d'étudier l'action que l'eau exerce sur la noix de galle épuisée par l'éther, et d'essayer d'isoler ainsi le ferment qu'elle doit contenir (3). » C'est ce qu'a tenté plus récemment M. Ed. Robiquet. Reprenant l'idée émise par son père et appuyée par les expériences de M. Laroque, il essaye de la préciser davantage en établissant que c'est la pectase contenue dans la noix de galle, et dont une partie se retrouve dans le tannin du commerce où elle a été entraînée par l'éther qui sert à la préparation de ce corps, qui est le principe actif, et qu'ainsi « la fermentation gallique se confond avec la fermentation pectique » (4).

Oxydation lente et action d'un ferment soluble préexistant,

(1) Robiquet, *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. LXIV, p. 385, 1837.

(2) Laroque, *Journal de pharmacie*, 1re série, t. XXVII, p. 197, 1841.

(3) Dumas, *Traité de chimie*, t. VI, p. 372, 1843. Et à la page précédente : « Le changement qui s'opère semble bien se rattacher aux fermentations proprement dites, mais jusqu'ici les preuves qu'on en a données ne sont peut-être pas satisfaisantes.»

(4) Ed. Robiquet, *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXIII, p. 241, 1853, et Thèse, février 1854.

telles sont donc, en résumé, les deux causes dont le jeu tantôt isolé, tantôt simultané, produirait, dans les idées reçues, la métamorphose du tannin.

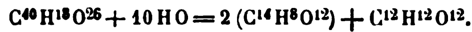
Produits qui en résultent (1). — Dans l'opinion de M. Pelouze, le tannin en perdant par combustion lente quatre équivalents de carbone, devient purement et simplement de l'acide gallique : $C^{18}H^{8}O^{12} + 8O = C^{14}H^{8}O^{12} + 4CO^{2}$; mais alors la différence entre le poids du tannin détruit et celui de l'acide gallique formé ne doit pas excéder 11,3 pour 100. Or on avait remarqué depuis longtemps que l'acide obtenu par le procédé de Scheele ne dépassait pas la moitié du tannin transformé ; on avait donc pensé qu'il devait se produire en même temps que l'acide gallique une autre substance, qui entrerait avec lui dans la constitution du tannin. Émise d'abord par M. Chevreul, appuyée par Pelletier et par Robiquet, cette idée fut précisée davantage par M. de Liebig. Ce chimiste, après avoir montré que l'ébullition avec l'acide sulfurique ou la potasse change le tannin en acide gallique, et avoir cherché vainement dans la liqueur l'acide acétique, qui, d'après Robiquet, pouvait bien être le principe inconnu, remarque qu'en triplant la formule de cet acide on aurait pour second terme le sucre de raisin; « que trois atomes de tannin renferment les éléments de six atomes d'acide gallique et d'un atome de sucre de raisin » (3) ; mais il n'arrive pas cependant à constater la formation réelle de ce corps. C'est à M. Strecker (3) qu'il était réservé d'apporter à cette idée ancienne la sanction expérimentale, en montrant qu'en effet dans l'expérience de Liebig convenablement réalisée, il se produit à la fois de l'acide

(1) Si, dans tout le cours de ce travail, je passe sous silence l'acide ellagique que M. Chevreul d'abord, puis Braconnot et tous les autres chimistes ont vu se former constamment pendant l'altération de l'infusion de noix de galle, c'est que je me suis assuré que la production de ce corps n'a aucun lien avec le dédoublement du tannin ; il suffira, pour le prouver, de dire que si l'on fait bouillir l'infusion limpide de noix de galle dans un ballon à col étiré que l'on ferme à la lampe, les cristaux d'acide ellagique se déposent, après quelques jours, tout aussi bien que dans les liqueurs qui fermentent. C'est donc à une tout autre cause qu'est due cette formation, et ce n'est pas ici le lieu d'y insister.

(2) Liebig, *Chimie organique*, p. 15.

(3) *Quarterly Journal of the Chemical Society*, t. V, p. 102, 1852.

gallique et de la glycose, et que le dédoublement du tannin a lieu avec fixation des éléments de l'eau suivant l'équation :



$$C^{40}H^{18}O^{26} + 10\,HO = 2\,(C^{14}H^{8}O^{12}) + C^{12}H^{12}O^{12}.$$

Ce résultat important, rapproché de cette autre circonstance bien connue depuis Braconnot (1818), qu'il se dégage parfois de l'alcool et de l'acide carbonique dans le pourrissage des noix de galle, pouvait porter à croire qu'un dédoublement identique s'opère dans la transformation spontanée du tannin. Toutefois M. Ed. Robiquet, dont le travail est postérieur à celui de M. Strecker, après avoir examiné cette question, se croit autorisé à conclure de ses expériences, qu'en définitive il ne se forme pas de glycose dans cette fermentation ; « le tannin, dit-il, ne contient donc pas de sucre, et n'est converti en acide gallique que par une simple hydratation » (1).

J'ai pensé qu'en présence d'opinions aussi divergentes, appuyées sur des faits en apparence contradictoires, et en tenant compte des progrès considérables que les travaux de M. Pasteur ont fait faire depuis l'année 1856 à l'étude des fermentations, il y avait lieu d'entreprendre un examen approfondi de ce phénomène, et j'en expose ici les principaux résultats.

I

Le tannin ne se transforme pas à l'abri de l'air.

Introduisons une dissolution aqueuse de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle dans une série de flacons que le liquide remplit jusqu'au col; soumettons ces flacons au vide pendant vingt-quatre heures pour en éliminer l'air dissous; faisons-y entrer de l'acide carbonique ou tout autre gaz inerte qui sature les liqueurs, et après les avoir soigneusement fermés avec des bouchons exposés eux-mêmes à l'action du vide et à la rentrée du gaz inerte, plaçons-les à l'étuve chauffée à 35 degrés, en ayant soin, quand ils en auront pris la température,

(1) *Journal de pharmacie*, 3e série, t. XVI, p. 31, 1854.

de luter les bouchons à la cire. Ainsi préparés, tous ces liquides, quel qu'en soit le degré de concentration, se conserveront indéfiniment. J'en possède une série préparée le 9 août 1867, où le tannin n'a subi depuis neuf mois aucune transformation.

Quand on prend soin, comme nous venons de le faire, d'exclure de la dissolution toute trace d'oxygène, la conservation en est désormais, et par cela seul, assurée. Mais ces précautions ne sont pas toujours indispensables, et il n'est pas rare de voir une dissolution de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle, introduite purement et simplement dans un flacon entièrement rempli et bouché avec soin, se conserver indéfiniment sans altération. C'est ainsi qu'une dissolution de 30 grammes de tannin dans 600 centimètres cubes d'eau, mise à l'étuve le 7 août 1867 dans un flacon exactement rempli et bien bouché, est encore aujourd'hui, après neuf mois, inaltérée; il en est de même d'une infusion de noix de galles placée à l'étuve dans les mêmes conditions le 5 août. M. Pelouze a conservé d'ailleurs une dissolution de tannin pendant plus de sept mois à l'abri de l'air sans qu'elle donnât d'acide gallique, et longtemps avant lui, M. Chevreul avait vu une infusion de noix de galle rester inaltérée au bout de trois ans dans un flacon bouché. Robiquet objectait, il est vrai, que si ces liquides se conservaient, c'est qu'ils étaient trop concentrés; mais les dissolutions que j'ai soumises à l'expérience contenaient les proportions de tannin les plus diverses, et je montrerai plus loin que la transformation s'opère facilement dans les liquides les plus concentrés.

Mais s', dans les conditions précédentes, la conservation peut avoir lieu, elle n'est plus certaine; à côté de flacons qui restent inaltérés, on en voit où le tannin disparaît lentement; en général, parvenue à un certain degré, la transformation s'arrête, mais quelquefois elle peut continuer et devenir complète après un temps fort long. Nous saurons tout à l'heure la raison de ces différences; elles nous montrent qu'il est nécessaire, si l'on veut mettre, dans tous les cas, le tannin dissous à l'abri de toute

atteinte, d'enlever rigoureusement non-seulement le contact de l'air extérieur, mais encore tout l'oxygène dissous.

Il résulte de ces expériences, où les liqueurs n'ont point été chauffées, que la transformation du tannin, quand elle s'opère, n'est pas due à l'action d'un ferment soluble, pectase ou autre, préexistant dans la noix de galle et entraîné avec le tannin, comme l'ont pensé Robiquet et M. Laroque, et comme Ed. Robiquet a essayé de le démontrer. Nous pouvons donc désormais, sans crainte de détruire la cause prochaine du phénomène, porter nos liquides à l'ébullition.

II

Le tannin ne se transforme pas au seul contact de l'air.

Introduisons une dissolution de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle dans une série de ballons à col ouvert et recourbé suivant le procédé de M. Pasteur; après avoir fait bouillir le liquide pendant quelques minutes, plaçons les ballons dans un lieu tranquille, à une température d'environ 25 degrés; le tannin s'y conservera indéfiniment. Je possède des dissolutions et des infusions de concentration diverse, préparées dans ce but le 24 avril 1864 et dans lesquelles le tannin, après un séjour de plus de quatre ans au libre contact de l'air, est inaltéré comme au premier jour.

On réalise encore avec certitude cette conservation du tannin à l'air libre, en ajoutant tout simplement au liquide quelques gouttes de créosote ou d'une dissolution d'acide phénique (1).

Enfin, sans employer aucune précaution, il arrive quelquefois qu'une dissolution de tannin non chauffée, introduite dans un

(1) L'acide phénique passe pour un antiseptique universel; il y a pourtant des organismes dont il est impuissant à empêcher le développement. Nous devons à M. le Dr Kühne, de Berlin, cette observation intéressante que dans l'urine et en général dans toutes les dissolutions d'urée, l'acide phénique ne s'oppose nullement au développement de la petite torulacée que j'ai démontré être le ferment de l'urée (*Annales scientifiques de l'École normale*, t. 1, 1864), ni à la fermentation ammoniacale qui est la conséquence de ce développement.

flacon bouché qu'elle remplit à moitié, se conserve inaltérée, tandis que dans l'immense majorité des cas la transformation s'opère dans ces conditions; ainsi, le 14 octobre 1867, j'introduis dans un flacon de 200 centimètres cubes 100 centimètres cubes d'infusion de noix de galle, je bouche et je mets à l'étuve; le liquide est encore aujourd'hui, après sept mois, inaltéré. Bien mieux, le 10 août 1867, j'introduis dans un ballon à large col 200 centimètres cubes d'une dissolution contenant 18gr,62 de tannin, je fais bouillir quelques minutes, et j'abandonne le ballon à l'étuve sans le boucher. Le 8 octobre, après deux mois de séjour à l'étuve, il ne s'est pas formé trace d'acide gallique, et le liquide évaporé donne un résidu de tannin pur qui pèse 18gr,59. Mais la réussite de ces expériences dépend de conditions que nous apprendrons tout à l'heure à connaître et qui ne sont qu'exceptionnellement réalisées.

Il est donc établi que le tannin ne se change pas en acide gallique par une oxydation lente, comme le croyaient MM. Pelouze et Liebig, et comme on continue encore à l'admettre aujourd'hui, sans préjudice du ferment soluble dont nous avons démontré l'existence purement imaginaire.

Mais s'il n'y a ni action d'un ferment soluble, ni oxydation lente, si l'oxygène de l'air est nécessaire à la transformation du tannin, et s'il ne suffit pas à la produire, quelle en est donc la cause prochaine?

III

Pour que le tannin se transforme il faut, et il suffit, qu'un mycélium de Mucédinée se développe dans sa dissolution.

Deux champignons apparaissent naturellement, tantôt tous deux ensemble, tantôt isolément, dans les dissolutions de tannin abandonnées à l'air, toutes les fois qu'il s'y forme de l'acide gallique; il s'agit d'en semer les spores et d'en suivre le développement : ce sont le *Penicillium glaucum*, et un *Aspergillus* à spores hérissées, voisin par conséquent de l'*Aspergillus glaucus*, mais qui, par la couleur noirâtre que ses spores conservent

dans les milieux les plus divers (1), par l'odeur musquée qu'elles exhalent et par quelques autres caractères encore, m'a paru, ainsi qu'à M. le docteur Léveillé dont je suis heureux de pouvoir invoquer ici la grande autorité, constituer une espèce distincte et nouvelle; appelons-le *Aspergillus niger;* nous en décrirons les caractères à la fin de ce mémoire.

Semons maintenant dans un des ballons à col recourbé du paragraphe 2, qui laissés à eux-mêmes ne s'altèrent jamais, quelques spores de l'une ou de l'autre de ces Mucédinées; empêchons toute végétation superficielle, et nous verrons, en même temps que ces spores développeront dans l'intérieur du liquide de beaux flocons de mycélium, le tannin subir une destruction progressive, qui se trahira bientôt par la formation de cristaux de plus en plus nombreux d'acide gallique et qui, après quelques jours, sera complète. Si le liquide restait indéfiniment inaltéré dans ces ballons, c'était donc uniquement parce que l'introduction des spores des deux Mucédinées que l'air renferme était rendue impossible par la disposition du col.

Ce mycélium exige pour respirer et se développer une petite quantité d'oxygène libre qu'il transforme en un volume égal d'acide carbonique; il en résulte que si l'on interdit rigoureusement l'accès de l'air, comme nous l'avons dit au paragraphe 1, la dissolution devra se conserver indéfiniment, bien qu'on puisse, ainsi que je l'ai fait souvent, y avoir déposé à l'avance d'innombrables spores des deux Mucédinées actives; mais que l'on débouche les flacons, et l'on verra ces spores germer, déve-

(1) J'ai semé ces spores sur du pain mouillé, sur des tranches d'orange, etc., et sur des milieux artificiels contenant, les uns du tartrate acide d'ammoniaque et des cendres de levûre, les autres du sucre, du nitrate d'ammoniaque et des phosphates; partout elles se sont développées et ont reproduit la plante avec tous ses caractères. J'ai pu d'ailleurs, à plusieurs reprises, observer le développement spontané de cette Mucédinée sur du pain, sur de l'urine demeurée acide, sur des matières sucrées, sur des feuilles mortes, etc. C'est donc une plante extrêmement répandue dans la nature, et dont le rôle physiologique est très-important.

C'est encore, nous nous en sommes assurés ensemble, de cet *Aspergillus niger* qu'il s'agit dans les recherches chimiques que mon ami M. Raulin poursuit depuis plusieurs années sur la végétation des Mucédinées dans les milieux artificiels.

lopper un mycélium floconneux et provoquer en même temps la transformation corrélative du tannin.

Ainsi, l'air tout seul est inactif; seules, les spores du *Penicillium* et de l'*Aspergillus* demeurent impuissantes ; il faut et il suffit que la dissolution reçoive à la fois une spore de la Mucédinée active, et le contact d'une quantité d'oxygène suffisante pour faire germer cette spore et la développer en un abondant mycélium. C'est donc l'air qui apporte au tannin les deux principes dont l'action commune est nécessaire à sa destruction, les spores et l'oxygène; il est à la fois véhicule et aliment.

Mais ce n'est pas tout : il faut encore que les spores trouvent dans la dissolution aérée où elles tombent, à côté du tannin qui n'est pour elles qu'une source d'aliment carboné, à côté de l'oxygène qui est nécessaire à la respiration incessante dont tout être vivant est le siége, les principes azotés et minéraux indispensables à leur développement. Dans l'infusion de noix de galle ces principes abondent, aussi la végétation du mycélium y est-elle très-active, et la transformation du tannin rapide; le développement de la plante est pénible au contraire, et lente la destruction qu'il provoque, dans une dissolution aqueuse de tannin du commerce; la transformation peut toutefois s'y accomplir totalement avec le temps, et cela tient à ce que le tannin du commerce est loin d'être pur; il contient une certaine quantité de principes gras, azotés et minéraux que l'éther a entraînés et dont une partie est insoluble dans l'eau (3 pour 100 environ du poids du tannin), tandis que l'autre s'y dissout avec lui; mais cette source est pauvre et l'on accélère singulièrement la marche des deux phénomènes corrélatifs, on la rend presque aussi rapide qu'avec la noix de galle, si l'on ajoute à la dissolution de tannin une petite quantité de nitrate d'ammoniaque et de cendres de bois ou de levûre.

Introduites dans une dissolution aérée de tannin pur dans l'eau distillée, les spores ne se développent pas et le tannin demeure inaltéré.

Après avoir analysé ainsi et résumé les conditions générales qu'il est nécessaire et suffisant de remplir pour que le tannin se

transforme, nous devons prendre, parmi les nombreuses expériences que nous avons réalisées, quelques exemples à l'appui de chacune des assertions qui précèdent.

1. *Végétation du mycélium dans l'infusion de noix de galle.* — Le 8 octobre 1867, dans trois flacons A, B, C, de 400 centimètres cubes de capacité, j'introduis 200 centimètres cubes d'une infusion de noix de galle filtrée, bouillante et contenant 10^{gr},5 de tannin pour 100 centimètres cubes (1); je bouche les flacons. Quand le liquide est refroidi, je sème dans B des spores de *Penicillium glaucum*, dans C des spores d'*Aspergillus niger*, et je place les trois flacons à l'étuve à 35 degrés. Le surlendemain, les spores se sont développées, mais d'une manière différente pour les deux Mucédinées. Celles du *Penicillium* ont produit des flocons sphériques, très-denses, à reflets irisés, formés de filaments très-minces et très-rapprochés rayonnant autour de la spore primitive qui occupe le centre de la sphère, et qui s'accroissent et se ramifient par leurs extrémités libres de manière à conserver au flocon sa forme sphérique; s'il y a des variations dans la température, les variations correspondantes dans la vitesse d'accroissement sont indiquées sur le flocon par des zones concentriques. Les spores de l'*Aspergillus* forment aussi des flocons d'abord sphériques, mais beaucoup plus légers et sans chatoiement; les filaments rayonnants qui les constituent sont plus gros, plus écartés, et leur développement ultérieur se fait souvent de manière à donner au flocon une forme irrégulière. Cet aspect différent permet, quand le mycélium apparaît dans une infusion abandonnée au contact de l'air, de reconnaître immédiatement à laquelle des deux Mucédinées il appartient. Des deux parts on a soin, si quelque flocon tend à se fixer à la surface, de le faire tomber au fond, et d'empêcher ainsi toute végétation superficielle et toute fructification; on verra plus loin que cette condition est fort importante. Le

(1) Le tannin a été dosé, dans tout le cours de ces recherches, au moyen d'une dissolution titrée de gélatine contenant 5 grammes de gélatine par litre, suivant le procédé de Fehling. (*Journal de pharmacie*, 3e série, t. XXVI, p. 52, 1854.)

11 octobre, on voit apparaître dans C les premiers cristaux d'acide gallique; ils ne commencent à se former dans B que le 12. Les jours suivants, les cristaux augmentent rapidement à mesure que les flocons se développent, et il se forme au fond du vase une couche mêlée de mycélium et de cristaux; le 14 octobre, le liquide de C ne précipite plus par la gélatine, la transformation y est complète après six jours; mais ce n'est que le 16 qu'elle est achevée dans B. Pendant tout ce temps, il ne s'est rien développé dans A, et le tannin y est encore aujourd'hui, après sept mois, inaltéré.

Cette expérience comparative montre que le simple développement du mycélium suffit à transformer le tannin dans l'infusion de noix de galle; on voit aussi que les deux Mucédinées ne paraissent pas agir avec la même activité; des deux, c'est l'*Aspergillus niger* qui, dans les circonstances actuelles de concentration et de température, possède la plus grande énergie.

2. *Végétation dans la dissolution aqueuse de tannin.* — Le 17 octobre 1867, j'introduis dans chacun des ballons A et B 200 centimètres cubes d'une dissolution filtrée de tannin du commerce, contenant 10 grammes de tannin par 100 centimètres cubes; je fais bouillir le liquide pendant quelques minutes, et je porte A à l'étuve; quand B est refroidi, j'y fais tomber des spores d'*Aspergillus niger*, après quoi je le place à l'étuve à côté du premier; les deux ballons sont ouverts. Les spores se développent les jours suivants dans B; le 25 octobre, le mycélium est bien formé, et les cristaux d'acide gallique ont commencé à se déposer; le mycélium se développe lentement ensuite, et le nombre des cristaux augmente peu à peu; mais ce n'est que le 10 novembre que la dissolution ne précipite plus par la gélatine. Ainsi la concentration et la quantité de tannin détruite étant les mêmes, où il suffisait de six à huit jours dans la noix de galle, il en faut vingt-trois et souvent davantage dans la dissolution aqueuse de tannin. Il ne s'est d'ailleurs rien développé dans le ballon A placé à côté du premier, et où je

n'ai rien semé ; le tannin y est demeuré inaltéré jusqu'au 8 décembre. Ce jour-là, je sème dans le liquide des spores d'*Aspergillus;* elles se développent les jours suivants et déterminent bientôt la formation de cristaux nombreux d'acide gallique ; en un mot, quand on y a introduit des spores, ce ballon s'est comporté comme le premier. Il faut ajouter qu'il est rare de pouvoir ainsi conserver longtemps à l'étuve, dans un ballon à col droit et ouvert, une dissolution bouillie de tannin ; j'en ai déjà cité un exemple à la page 216 ; le liquide reçoit le plus souvent, après quelques jours, des spores que l'air charrie, et qui s'y développent.

Ainsi la transformation se fait dans une dissolution aqueuse de tannin aux mêmes conditions que dans l'infusion de noix de galle ; mais elle y est beaucoup plus lente, surtout dans la seconde moitié de sa durée ; assez active d'abord, elle ne s'achève que très-péniblement. La possibilité de ce développement s'explique, comme je l'ai déjà dit, par les substances étrangères que contient le tannin du commerce. Quand on dissout dans l'eau 100 grammes de ce corps, il surnage une mousse verdâtre et grasse, qui, recueillie sur un filtre taré, pèse, après dessiccation, 3 à 4 grammes ; mais ce n'est là que la partie insoluble des impuretés ; une autre partie se dissout avec le tannin, et l'un des principes absorbe rapidement l'oxygène de l'air en passant au jaune rougeâtre; de là la coloration inévitable des dissolutions. C'est dans ces matières étrangères que le mycélium trouve les aliments azotés et minéraux qui lui sont nécessaires; mais cette source est pauvre, de là le développement pénible de la plante et la lenteur de la transformation ; aussi les deux phénomènes s'accélèrent-ils en même temps si l'on ajoute au tannin un sel d'ammoniaque et des phosphates.

3. *Végétation avec nitrate d'ammoniaque et phosphates.* — Le 8 octobre, j'introduis dans deux flacons A et B, de 250 centimètres cubes de capacité, 200 centimètres cubes d'une dissolution bouillante, contenant, par 100 centimètres cubes, 10 grammes de tannin, $0^{gr},1$ nitrate d'ammoniaque et $0^{gr},1$ de cendres de

levûre ; je bouche les flacons et les mets à l'étuve ; quand ils en ont pris la température, je sème dans B des spores d'*Aspergillus niger ;* elles se développent en mycélium; les cristaux d'acide gallique se déposent bientôt, et, le 13 octobre, le liquide ne précipite plus la gélatine ; dix jours ont suffi, là où il en fallait vingt-trois sans nitrate et phosphates. Le liquide A où je n'ai rien semé est encore inaltéré. J'ai souvent obtenu dans ces milieux artificiels une transformation aussi rapide, quelquefois même plus rapide que dans l'infusion de noix de galle.

4. *Concentration diverse.* – J'ai laissé jusqu'ici la concentration constante, et de 10 pour 100. La conversion du tannin se fait très-facilement, cela va sans dire, dans des liqueurs plus étendues, contenant, par exemple, 5 grammes ou $2^{gr},5$ pour 100 centimètres cubes, et il m'a semblé que, dans ce cas, le *Penicillium glaucum* se développe plus facilement que l'*Aspergillus niger,* qui convient mieux au contraire aux dissolutions plus concentrées. Mais y a-t-il une limite supérieure? J'ai toujours vu la destruction du tannin s'opérer très-rapidement dans les dissolutions les plus concentrées, celles qu'on obtient, par exemple, en dissolvant 100 grammes de ce corps dans 200 centimètres cubes d'eau ; le phénomène revêt alors un aspect curieux. Les spores d'*Aspergillus* introduites dans ce liquide se développent en flocons de mycélium ; dès le lendemain, des cristaux d'acide gallique se déposent en grand nombre ; on les voit recouvrir les filaments du mycélium et y former des chapelets de plus en plus longs, qui bientôt se détachent pour constituer au fond du vase un dépôt blanc de plus en plus épais ; c'est en quelque sorte à vue d'œil que se produisent et tombent ces chaînes cristallines, et l'on peut suivre ainsi, par sa manifestation extérieure, la marche du phénomène ; après trois ou quatre jours, le dépôt de cristaux occupe tout le volume du liquide, et c'est alors au sein d'une pâte cristalline que le mycélium continue de se ramifier et de se nourrir pour achever peu à peu la transformation.

5. *Volume d'air nécessaire.* — L'air, avons-nous dit, est né-

cessaire au développement du mycélium. En effet, après avoir introduit les spores d'*Aspergillus niger* dans la dissolution, traitons-la comme il est dit au paragraphe 1 ; les spores ne se développent pas, et le liquide demeure inaltéré. L'expérience a encore été faite de cette autre manière. Le 5 août 1867, on introduit dans un flacon de 150 centimètres cubes une infusion de noix de galle qui a subi une longue ébullition ; on bouche le flacon exactement rempli ; après le refroidissement, on débouche pour introduire des spores d'*Aspergillus*, on referme aussitôt, et on lute le bouchon à la cire. Le 15 octobre, aucun flocon de mycélium ne s'est développé, et le tannin est inaltéré ; on ouvre le vase : le lendemain de nombreux flocons se développent, et, le 25 octobre, il n'y a plus trace de tannin.

Mais si l'air est nécessaire au développement de la plante, il faut ajouter qu'un faible volume suffit à produire le poids de plante nécessaire à la transformation d'un poids considérable de tannin.

Le 10 octobre 1867, j'introduis dans un flacon de 240 centimètres cubes 200 centimètres cubes d'une dissolution bouillie, contenant 20 grammes de tannin, $0^{gr},2$ de nitrate d'ammoniaque, $0^{gr},2$ de cendres de levûre ; quand le liquide est refroidi, je sème l'*Aspergillus niger*, et je bouche avec soin. Le 20 octobre, la transformation est complète ; 40 centimètres cubes d'air contenant 8 centimètres cubes d'oxygène ont suffi, et au delà, pour transformer 20 grammes de tannin.

Le 5 août 1867, j'introduis dans un flacon 248 centimètres cubes d'une dissolution aérée de tannin, contenant 5 grammes de ce corps par 100 centimètres cubes ; je sème l'*Aspergillus niger*, et je bouche soigneusement le flacon qui est exactement rempli, sauf une bulle d'air sous le bouchon. Le 7 août, un petit nombre de flocons se développent ; ils grandissent jusqu'au 10, après quoi ils restent stationnaires, et se réunissent en une masse unique ; le 24 novembre, on les retrouve dans le même état. Le dosage opéré ce jour-là montre que 2 grammes de tannin, c'est-à-dire un sixième du poids total, ont disparu. Il y a donc eu, aux dépens de l'oxygène dissous, germination des spores, déve-

loppement de petits flocons de mycélium et transformation correspondante; après quoi, les choses sont demeurées indéfiniment dans le même état, tant du côté de la plante que du côté du tannin. Toutes les fois que, dans des conditions en apparence semblables, j'ai vu le mycélium continuer à se développer progressivement en détruisant peu à peu tout le tannin, j'ai pu m'assurer que le bouchon qui tenait bien les premiers jours avait cessé de fermer exactement.

Il suffit donc de la petite quantité d'air dissous pour que la plante puisse germer et atteindre un certain développement en produisant une certaine transformation corrélative. C'est ce qui nous a obligé, dans notre premier paragraphe, d'éliminer le gaz de la dissolution ; c'est ce qui explique encore pourquoi on a pu observer quelquefois des transformations totales après un temps très-long, dans des flacons où l'accès de l'air extérieur paraissait interdit. Robiquet et M. Laroque s'y sont trompés, et en ont conclu que la conversion pouvait se faire à l'abri de l'air.

6. *Poids de plante formé.* — Cette circonstance trouve d'ailleurs son explication naturelle dans ce fait que le mycélium, dont le développement provoque la destruction du tannin, a un poids excessivement faible relativement au poids du tannin transformé. Si l'on a soin d'empêcher toute végétation superficielle, le poids du mycélium séché à l'étuve atteint ordinairement $0^{gr},010$ pour 10 grammes de tannin détruit, c'est-à-dire 1 millième et quelquefois moins encore. Pour alimenter la respiration d'un poids de plante aussi minime, on comprend qu'il suffise d'une très-faible quantité d'oxygène.

7. *Substances nuisibles.* — Telles sont les principales conditions de la vie profonde de ces deux Mucédinées. Ajoutons que toutes les circonstances accidentelles qui gênent ou empêchent le développement de la plante gênent ou empêchent au même degré la transformation du tannin. L'addition d'une petite quantité d'alcool absolu, de quelques gouttes de créosote ou d'acide phénique, suffisent à préserver ce corps de l'invasion

du mycélium, et à en assurer la conservation indéfinie. Mais la plante a un pouvoir de résistance très-remarquable à l'égard de l'acide sulfurique ; elle ne paraît gênée par l'acidité du milieu, que quand on dépasse une dose qui paraît énorme pour un organisme aussi délicat. M. Laroque a étudié l'action des autres agents antiseptiques, et l'influence nuisible qu'il leur a vu exercer est le principal argument qu'il invoque pour assimiler ce phénomène aux fermentations ordinaires.

8. *Observations anciennes du mycélium.* — Maintenant que nous connaissons la cause prochaine de la transformation du tannin, il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer que M. Laroque mentionne en passant, et sans y insister autrement, l'existence de la plante dont nous étudions les propriétés. « Il se dépose, dit-il, dans les liqueurs des flocons comme albumineux, qui, examinés au microscope, se présentent sous forme de buisson, d'où partent des branches qui se répandent assez loin (1). » C'est précisément le mycélium en question. C'est encore ce mycélium qui s'est développé quand M. Ed. Robiquet a vu, dans des dissolutions aqueuses de tannin, « se déposer au bout de quatre jours des flocons de nature albuminoïde, qui, avec la potasse, donnent un dégagement sensible d'ammoniaque » (2). Ces flocons, introduits dans une dissolution de tannin bouillie, y déterminent, après trois jours, une formation sensible d'acide gallique, et, après onze jours, une transformation totale. Pour donner une idée de l'état des esprits au sujet de la nature des fermentations en l'année 1854, il suffira de dire que M. Ed. Robiquet n'a pas même songé à examiner, comme l'avait fait M. Laroque, la structure de ces flocons, dont il reconnaissait l'action si efficace ; ils sont de nature albuminoïde, et cela suffit ; l'auteur se croit autorisé à en conclure que ce sont des flocons de pectase, qui, toute formée dans la noix de galle, a été entraînée à l'état soluble dans la préparation du tannin, et

(1) *Loc. cit.*, p. 204.
(2) *Loc. cit.*, p. 245.

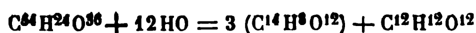
s'est d'abord redissoute avec lui pour se précipiter ensuite de nouveau en reprenant l'état de pectase insoluble.

Nous avons établi que c'est le développement du mycélium du *Penicillium glaucum* ou de l'*Aspergillus niger* qui provoque la transformation du tannin ; nous avons analysé les conditions de milieu auxquelles sont liées la vie de la plante et la conversion qui lui est corrélative ; examinons maintenant en quoi consiste cette conversion.

IV

La transformation du tannin est toujours un dédoublement en acide gallique et en glycose avec fixation des éléments de l'eau.

Sous l'influence de la vie et du développement du mycélium, le tannin se dédouble en acide gallique et en glycose avec fixation des éléments de l'eau suivant l'équation :



$$C^{54}H^{24}O^{36} + 12\,HO = 3\,(C^{14}H^{8}O^{12}) + C^{12}H^{12}O^{12}$$

où l'on a triplé la formule primitive $C^{18}H^{8}O^{12}$ donnée par MM. Pelouze et Liebig, pour lui faire représenter l'équivalent réel du tannin (1) ; c'est-à-dire que 636 grammes de tannin donnent 564 grammes d'acide gallique et 180 grammes de glycose, ou encore que 10 grammes de tannin produisent 8gr,02 d'acide gallique et 2gr,82 de glycose.

Je vais citer pour exemple une des nombreuses expériences que j'ai réalisées :

Le 17 octobre 1867, j'introduis dans un vase cylindrique ouvert 500 centimètres cubes d'une dissolution contenant 48gr,3 de

(1) M. Strecker altère la formule admise pour le tannin et le représente par $C^{40}H^{18}O^{26}$; l'équation devient alors $C^{40}H^{18}O^{26} + 10\,HO = 2\,(C^{14}H^{8}O^{12}) + C^{12}H^{12}O^{12}$, c'est-à-dire que 466 grammes de tannin donnent 376 grammes d'acide gallique et 180 grammes de glycose, ou bien que 10 grammes de tannin produisent 8gr,06 d'acide gallique et 3gr,82 de glycose. La proportion d'acide gallique est sensiblement la même, mais la glycose est en proportion plus forte d'environ un quart. Comme je n'en ai jamais obtenu même la quantité indiquée par l'équation du texte, il m'a été impossible de décider entre les deux, et j'ai dû choisir celle qui, avec l'avantage de conserver l'ancienne formule du tannin, donne pour la glycose le nombre le plus faible.

tannin (50^{gr} — 1^{gr},7 de résidu gras insoluble), 0^{gr},5 de nitrate d'ammoniaque, 0^{gr},5 de cendres de levûre. Je sème l'*Aspergillus niger*, et je place le vase à l'étuve à 35 degrés ; dès le lendemain, les spores se développent en flocons légers ; le 20, apparaissent les premiers cristaux d'acide gallique, et le 27 octobre, après dix jours, le liquide ne précipite plus par la gélatine. Le mycélium s'est développé abondamment dans les parties profondes, et l'on a eu soin d'empêcher toute végétation superficielle en refoulant les flocons qui tendaient à se placer à la surface. On filtre le liquide ; le filtre taré retient à la fois les cristaux d'acide gallique et le mycélium ; on le lave à l'eau bouillante jusqu'à ce que tout l'acide soit entraîné ; le filtre, séché et pesé, donne pour le mycélium formé 0^{gr},022 ; c'est à peine 1/2000e du poids de tannin détruit. Le liquide évaporé dans une capsule tarée donne un résidu formé d'acide gallique et de glycose qui pèse 48^{gr},1 ; on le reprend par l'eau qui dissout la glycose et une partie de l'acide gallique ; on jette sur un filtre taré, on lave, on sèche, on obtient pour l'acide gallique non dissous 23^{gr},5 ; le liquide filtré est précipité par un excès d'acétate de plomb ; on fait bouillir, on pèse le gallate de plomb sec sur un filtre taré, on en déduit le poids d'acide gallique précipité 15 grammes ; acide gallique total, 38^{gr},5. Le liquide traité par un courant d'acide sulfhydrique qui élimine le plomb en excès, filtré et évaporé doucement, donne un sirop jaune, où la glycose est dosée par la liqueur titrée de Fehling ; on en trouve 9^{gr},4 ce qui s'accorde avec la différence 48^{gr},1 — 38^{gr},5 = 9^{gr},6.

Théoriquement, 48^{gr},3 de tannin doivent donner 52^{gr},35 de résidu solide ainsi composé : 38^{gr},74 d'acide gallique et 13^{gr},61 de glycose. La comparaison avec les quantités obtenues par fermentation montre que l'acide gallique se retrouve tout entier, mais que le sucre est en quantité notablement moindre ; il y a eu perte ou plutôt utilisation spéciale de 4 grammes de glycose.

Ainsi, disparition d'une certaine quantité de sucre et production simultanée d'un mycélium, tels sont les deux faits corrélatifs qui s'observent pendant le dédoublement du tannin, et qui doivent servir à l'expliquer ; le sucre disparu est employé à la fois à

la formation des tissus de la plante et à la combustion incessante dont ils sont le siége, et qui constitue sa respiration.

Dans toutes les expériences faites dans ces conditions, j'ai toujours obtenu le poids total d'acide gallique indiqué par l'équation, et toujours aussi le sucre s'est trouvé en proportion notablement moindre, et d'autant plus inférieure au nombre théorique, que la fermentation avait mis plus de temps à se terminer. Ceci m'amène à dire ce qui se passe une fois que tout le tannin s'est dédoublé quand on laisse le liquide à l'étuve. On voit alors le mycélium continuer à se développer au fond du vase, en même temps que la quantité de glycose diminue progressivement. C'est ainsi que, dans une liqueur installée le même jour que la précédente et absolument dans les mêmes conditions, où la fermentation était achevée le 28 octobre, mais qui avait été laissée à l'étuve jusqu'au 15 novembre, j'ai retrouvé une proportion identique d'acide gallique, mais seulement $5^{gr},5$ de glycose. Dans une autre expérience où le liquide, après la destruction totale du tannin, a été laissé à l'étuve pendant un mois, et où l'on a eu soin d'empêcher pendant ce temps tout développement superficiel de mycélium, on a retrouvé encore tout l'acide gallique, mais seulement des traces de glycose. C'est cette marche des choses qui explique le résultat négatif obtenu par M. Ed. Robiquet, résultat qui l'avait conduit à affirmer que, dans sa transformation spontanée, le tannin ne produit pas de sucre, mais seulement de l'acide gallique.

Enfin, quand la glycose elle-même a disparu complétement pour alimenter le développement des tissus et la respiration de la plante, l'acide gallique, jusque-là respecté, est attaqué à son tour et diminue progressivement.

En résumé, c'est à la glycose que le tannin peut lui fournir en se dédoublant, que la plante emprunte les aliments hydrocarbonés nécessaires à la constitution de ses tissus et à la combustion lente dont ils sont le siége incessant, et cette circonstance explique le mécanisme du dédoublement.

Fermentation alcoolique consécutive, fermentation industrielle. — Mais si la glycose, une fois mis en liberté par le mycélium

peut, quand il ne reste plus de tannin, servir d'aliment carboné au développement ultérieur de la plante, il peut aussi alimenter au même titre d'autres organismes qui eussent été par eux-mêmes impuissants à le dégager de sa combinaison avec l'acide gallique; par exemple, il pourra subir la fermentation alcoolique avec production de son ferment particulier, la levûre de bière. Quoique je n'aie pas vu une seule fois dans le cours de ces expériences, cette fermentation apparaître spontanément dans les liquides où la glycose se trouvait en liberté, même longtemps après la disparition du tannin, cependant il m'a été très-facile de la provoquer toutes les fois que je l'ai voulu. Il suffit d'introduire une petite quantité de levûre de bière dans la dissolution, après que le tannin y a disparu, ou du moins lorsqu'il n'en reste plus qu'une quantité insuffisante pour tuer les cellules de levûre en en coagulant le contenu albumineux, pour déterminer un dégagement abondant d'acide carbonique, une production d'alcool et une formation simultanée de nouvelles cellules de levûre; tout cela se comprend de soi-même. Mais ce fait qui ne se présente que très-rarement ou pas du tout dans les recherches de laboratoire, surtout quand on n'emploie que des liquides filtrés et limpides, devient plus fréquent quand on se sert de la noix de galle pulvérisée, délayée dans l'eau. Braconnot a observé, dès 1818, les fermentations alcooliques qui se développent dans ces circonstances. Or, c'est précisément dans ces conditions que l'on se trouve dans la fabrication industrielle de l'acide gallique; j'ajoute que dans cette fabrication on a le plus grand intérêt à ce que la glycose soit promptement éliminée, car elle se dissoudrait avec l'acide gallique dans l'eau ou dans l'alcool bouillants, par lesquels on traite la pâte, et elle en empêcherait ensuite la cristallisation. La fermentation gallique, telle que la comprennent les industriels, n'est donc réellement achevée que quand le sucre a disparu en laissant à nu l'acide gallique facile à extraire désormais et à purifier. Or comme cette disparition du sucre est le seul phénomène qui se manifeste à l'extérieur par un dégagement gazeux, les fabricants prennent ce dégagement pour apprécier l'état de la fermentation gallique; pour eux la

fermentation gallique commence quand la masse pâteuse se soulève et se gonfle : le temps considérable qui s'écoule jusque-là et pendant lequel la masse demeure affaissée et silencieuse est jugé nécessaire à la destruction par l'eau des tissus de la noix et à la formation de la pâte ; la fermentation gallique est en pleine activité quand la masse fortement boursouflée dégage beaucoup d'acide carbonique et de vapeurs alcooliques ; elle est terminée quand la masse retombe et s'affaisse et que les petits cristaux d'acide gallique, débarrassés de l'enduit qui les empâtait, brillent à l'œil. Quand le dégagement gazeux tarde à se montrer, on dit que la fermentation gallique marche mal et on lui vient en aide en mêlant à la masse une assez forte proportion de ferment c'est-à-dire de levûre de bière. En un mot nous voyons que l'on mêle et que l'on confond les deux fermentations distinctes qui se succèdent dans la même cuve ; la première, invisible et silencieuse produite par le mycélium de nos mucédinées que l'on a soin, en remuant la masse tous les jours, d'empêcher de vivre à la surface et d'y fructifier : c'est la vraie et seule fermentation gallique, celle où la plante dédouble le tannin en acide gallique et en glycose, en faisant disparaître une partie de ce dernier corps pour former ses tissus et pourvoir à sa respiration ; la seconde, tumultueuse et rapide, produite par la levûre de bière et qui porte sur le sucre restant pour le convertir en alcool et en acide carbonique, et permettre ainsi l'extraction facile de l'acide gallique ; mais cette dernière ne commence et ne peut commencer qu'à une époque où il ne reste plus qu'une quantité très-faible de tannin et où la première est presque entièrement terminée.

C'est une confusion semblable que fait M. Laroque, quand il dit en comparant la transformation du tannin à la fermentation alcoolique : « Je crois qu'il est impossible de séparer ces deux sortes de fermentation, car dans l'une comme dans l'autre il y a dégagement de gaz, dégagement de chaleur, développement de ferment et transformation d'un corps en un autre. Je dis qu'il y a dépôt de ferment ; en effet, si l'on examine au microscope une poudre d'un blanc jaunâtre ou grisâtre qui se dépose, soit dans

une macération de noix de galle, soit dans une infusion filtrée, on retrouve dans ce dépôt toutes les propriétés du ferment de bière ; toutefois celui de la noix de galle est plus petit, les globules sont plus pâles et sous forme de chaînons...(p. 203.)» Ces globules de levûre n'apparaissent que quand il y a fermentation alcoolique consécutive ; leur existence et leur développement ne sont nullement liés à la fermentation gallique (1).

Pouvoir rotatoire du tannin. — Nous avons vu que sous l'influence de la vie du mycélium et sauf une partie de la glycose qui disparaît pour former et nourrir la plante, le dédoublement du tannin s'opère comme dans l'expérience de M. Strecker. Il convient maintenant de rappeler que M. Buignet (2) a ajouté à cette expérience un élément intéressant en déterminant le pouvoir rotatoire du sucre qui s'y produit et en montrant qu'il est de + 53°, c'est-à-dire égal à celui de la glycose d'amidon et de même sens qu'elle. J'ai de mon côté obtenu ce même nombre avec le sucre retiré du tannin par fermentation, en même temps que je me suis assuré que l'acide gallique n'exerce aucune action sur la lumière polarisée ; tout au moins 4 grammes de cet acide dissous dans 30 centimètres cubes d'alcool n'ont-ils pas fait reparaître l'image avec le tube de 2 décimètres. Voilà donc une substance, le tannin, regardée comme inactive, puis qu'il n'est dit nulle part qu'elle soit douée de pouvoir rotatoire, et qui, par une simple fixation d'eau se dédoublerait en un corps dextrogyre, la glycose, et en un corps inactif, l'acide gallique. Or l'apparition de la propriété rotatoire moléculaire dans les dérivés d'un corps qui ne la possède pas lui-même serait un fait jusqu'à présent sans exemple. Le tannin est-il donc réellement inactif?

(1) En étudiant la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque et de l'acide hippurique en acide benzoïque et en glycolammine, j'ai déjà eu l'occasion de signaler des circonstances où deux et même trois fermentations distinctes, simultanées ou successives, s'accomplissent au sein du même liquide, et de montrer que chacune d'elles a son ferment particulier absolument comme si elle était seule, que chacune d'elles est directe au même titre. (*Annales scientifiques de l'École normale*, t. I, 1864.)

(2) Buignet, *Annales de chimie et de physique*, 3° série, LXI, 1861.

Je me suis assuré que le tannin dévie vers la droite le plan de polarisation de la lumière incidente.

La coloration jaune rougeâtre des dissolutions, très-intense quand elles sont concentrées, et que je n'ai pu, avec le tannin que j'avais à ma disposition, ni éviter, ni faire disparaître, rend très-difficiles les mesures précises du pouvoir rotatoire avec l'appareil de Biot. Mais le nouveau polarimètre de Wild-Hofmann qui donne des rotations assez grandes avec un tube de 5 centimètres, m'a été, dans cette circonstance, d'un précieux secours. Avec ce petit appareil, une dissolution limpide de 32gr,8 de tannin dans 125 centimètres cubes d'eau distillée, m'a donné dans le tube de 0m,05, et à la température de 16 degrés, une rotation de 5 degrés, qui, rapportée à l'analyseur, se fait vers la droite. On a donc pour le pouvoir rotatoire du tannin :

$$\rho = \alpha \frac{v}{p\,l} = +5^\circ \frac{125}{32,8 \times \frac{1}{2}} = +38^\circ,1 \qquad \rho = +38^\circ,1.$$

Ainsi point d'anomalie ; le tannin possède un pouvoir rotatoire de même sens que celui de la glycose qu'il produit, et qui est à ce dernier comme 1 est à 1,4 ; mais si l'on compare la quantité totale d'action rotatoire moléculaire du milieu avant et après la fermentation, on voit qu'elle a diminué dans le rapport de 38 à 15.

V

Quand la plante vit et fructifie à la surface, elle brûle directement le tannin sans le dédoubler.

Nous avons jusqu'ici, dans toutes nos expériences, évité avec soin la végétation superficielle du mycélium. C'est qu'en effet, pour que le dédoublement que nous venons d'étudier s'opère intégralement, il est nécessaire que la plante vive et se développe dans la profondeur de la dissolution ; nous savons que le poids des flocons de mycélium formés est alors très-faible, 1 millième environ du poids de tannin transformé, et quelquefois moins encore. Laissons au contraire la Mucédinée s'étaler à la surface et y former une membrane continue bientôt recouverte d'innom-

brables fructifications, et nous la verrons agir tout autrement. La plante brûle alors rapidement et directement le tannin en exhalant de grandes quantités d'acide carbonique ; il ne se fait de dédoublement que celui qui correspond au faible développement des parties plongées du mycélium, et la glycose formée est brûlée à son tour et disparaît avant l'acide gallique ; de sorte que tout ce qu'on retire d'une dissolution concentrée de tannin, après quelques jours d'une végétation superficielle active, c'est une faible quantité d'acide gallique. Prolonge-t-on un peu l'action après la destruction du tannin, le résidu est sensiblement nul, l'acide gallique ayant été brûlé à son tour. Mais en revanche, le poids de plante formé dans ces conditions est très-considérable et peut atteindre $\frac{1}{10}$ et jusqu'à $\frac{1}{4}$ du poids du tannin détruit.

Prenons un exemple :

Le 19 octobre 1867, je mets à l'étuve, dans un cristallisoir, 300 centimètres cubes d'une dissolution contenant $14^{gr},55$ de tannin purifié, $0^{gr},3$ de nitrate d'ammoniaque, $0^{gr},3$ de cendres de levûre, et je projette à la surface des spores de *Penicillium glaucum*. Le 21, la surface est à moitié recouverte d'un mycélium membraneux déjà verdissant ; quelques flocons flottent dans le liquide ; le 23, elle est entièrement envahie par une magnifique couche verte qui s'épaissit et se développe encore les jours suivants en se creusant de rides profondes et en laissant exsuder de nombreuses gouttelettes d'eau. Le 28 octobre, je mets fin à l'expérience ; le développement des flocons intérieurs est demeuré très-faible ; il ne s'est pas déposé de cristaux d'acide gallique. La plante, recueillie sur un filtre taré, lavée à l'eau bouillante et séchée, pèse $3^{gr},10$. Le liquide, évaporé dans une capsule tarée, laisse un résidu de $3^{gr},40$; la différence avec $15^{gr},15$, $11^{gr},75$, donne le poids de matière disparue ; $11^{gr},75$ de matière ont donc été absorbés par la plante, et fixés ou répandus par elle dans le milieu extérieur ; en en retranchant le poids de la plante formée, on a $8^{gr},65$ pour la matière consumée. Les $3^{gr},40$ de résidu, en négligeant ce qui peut y rester de nitrate d'ammoniaque et de phosphates, sont redissous, et traités par une liqueur titrée de gélatine dont il faut 35 centimètres cubes

pour précipiter entièrement 0^{gr},2 de tannin ; il en faut 365 centimètres cubes pour obtenir la précipitation totale, ce qui correspond à 2^{gr},1 de tannin non détruit. On filtre la liqueur, on la précipite par un excès d'acétate de plomb, on fait bouillir, on filtre, et l'on obtient 5 grammes de gallate de plomb sec, qui contiennent 1^{gr},4 d'acide gallique formé : total 3^{gr},5. Il n'y a donc pas de glycose dans le résidu ; ce qu'on vérifie en s'assurant que la liqueur débarrassée par l'acide sulfhydrique de l'excès de plomb qu'elle renferme, et filtrée, ne précipite pas la liqueur de Fehling. En somme, il a disparu 12^{gr},45 de tannin, et comme 1^{gr},4 d'acide gallique formé correspond à 1^{gr},74 de tannin dédoublé, et à 0^{gr},49 de glycose produite, mais brûlée ensuite par la plante, ces 12^{gr},45 de tannin se décomposent ainsi :

Tannin disparu... 12^{gr},45	Tannin brûlé directement sans être dédoublé...		10^{gr},71
	Tannin dédoublé. 1^{gr},74	Glycose brûlée consécutivement......	0^{gr},49
		Acide gallique restant.	1^{gr},40

Dans une autre expérience installée le 25 octobre, 300 centigrammes d'une dissolution contenant 29 grammes de tannin purifié, et une petite quantité de nitrate d'ammoniaque et de cendres de levûre, ont été placés à l'étuve dans un très-large cristallisoir. On y projette des spores d'*Aspergillus niger*, qui au bout de trois jours ont envahi toute la surface en y formant une magnifique croûte, couverte de fructifications d'abord jaunes, puis d'un brun chocolat, enfin noires et exhalant une forte odeur musquée ; les jours suivants la plante continue de s'étendre et sa surface se creuse de rides profondes, en même temps qu'elle se couvre de nombreuses et fines gouttelettes d'eau. Le 3 novembre, après huit jours d'action, on enlève la plante ; elle pèse, lavée et sèche, 3^{gr},5. Le liquide évaporé laisse un résidu de 2^{gr},6, où l'analyse montre 1^{gr},1 de tannin non encore détruit, et 1^{gr},5 d'acide gallique formé, correspondant à 1^{gr},9 de tannin dédoublé, sans qu'il y ait traces de glycose. Ainsi :

Tannin disparu.. 27^{gr},90	Tannin brûlé sans dédoublement...........		26^{gr},00
	Tannin dédoublé par le mycélium profond 1^{gr},9	Glycose brûlée consécutivement......	0^{gr},52
		Acide gallique restant.	1^{gr},50

Le poids total de matière disparue en huit jours est de 26^{gr},52 qui ne sont représentés que par 3^{gr},5 de plante; le reste, 23 grammes, a été consumé.

C'est pendant les deux premiers jours qui suivent l'ensemencement, quand les plaques superficielles issues de la germination des spores n'ont pas encore, en se rencontrant et en s'enchevêtrant, envahi toute la surface du liquide, que les flocons intérieurs, vivant aux dépens de l'oxygène dissous, provoquent le faible dédoublement que nous avons constaté dans les exemples précédents; il y a tout à la fois, pendant cette courte période, combustion directe du tannin à la surface et dédoublement dans la profondeur. Mais aussitôt que la surface est entièrement recouverte par le champignon en voie de fructification, il ne peut plus arriver désormais d'oxygène aux flocons profonds; ils cessent alors de se développer et d'agir; ils se comportent comme s'ils se trouvaient dans un flacon rempli et hermétiquement bouché, et le dédoublement en demeure indéfiniment au point où il était au moment de l'occlusion superficielle; la plante n'agit plus alors sur le milieu que par combustion directe, en faisant rapidement disparaître le tannin. Il en résulte qu'on peut donner à l'expérience une forme saisissante.

On introduit la dissolution de tannin dans un matras à long col qu'elle remplit jusque vers le sommet, et l'on projette à la surface les spores d'*Aspergillus niger;* elles germent et constituent en moins d'une demi-journée une pellicule qui occupe toute la surface du liquide en se relevant un peu sur le pourtour pour adhérer au verre, et qui fructifie bientôt; cette membrane absorbe avidement l'oxygène de l'air à mesure qu'il lui arrive, pour le convertir en acide carbonique; elle joue ainsi le rôle d'un excellent bouchon qui empêche l'oxygène d'arriver jamais au liquide sous-jacent. Il se forme bien çà et là dans la profondeur de ce dernier aux dépens de l'air dissous quelques petits flocons de mycélium, mais leur développement s'arrête forcément quand cette source précaire est épuisée, et le tannin se conserve désormais et pendant plusieurs mois sans se dédoubler. Ainsi un ballon à fond plat renfermant 700 centimètres cubes d'une dissolution

contenant 70 grammes de tannin, du nitrate d'ammoniaque et des phosphates, mis à l'étuve le 19 octobre 1867, dans les conditions précédentes, n'avait pas encore laissé déposer, le 15 février 1868, un seul cristal d'acide gallique, mais le tannin avait peu à peu disparu dans le col et dans le tiers supérieur du matras, où le liquide s'était presque décoloré ; des stries et une coloration de plus en plus forte indiquaient l'accroissement de densité de la dissolution à mesure qu'on s'approchait du fond. On peut arriver ainsi à faire disparaître avec le temps tout le tannin d'une dissolution, par simple combustion directe, sans qu'il se forme plus qu'une quantité insignifiante d'acide gallique. La vie superficielle de la mucédinée tue sa végétation profonde.

Suivant la manière dont elle se développe, la même plante peut donc tour à tour dédoubler le tannin sans en brûler la moindre partie, ou le brûler purement et simplement sans le dédoubler, c'est-à-dire prendre le carbone qui lui est nécessaire, tantôt au sucre du tannin, tantôt au tannin lui-même. Ces combustions rapides et totales de matières organiques par la végétation superficielle des végétaux microscopiques et le rôle important qu'elles jouent dans l'économie de la nature ont été étudiés pour la première fois par M. Pasteur ; nous en voyons ici un nouvel et curieux exemple (1).

Au point de vue industriel, il résulte de ce qui précède qu'il faut bien se garder de laisser le mycélium vivre et fructifier à la surface de la pâte, de la laisser moisir, comme on dit ; car, si la glycose est éliminée promptement par cette voie, ce qui est un avantage industriel, si l'acide gallique produit n'est pas brûlé

(1) Chaque année les végétaux jonchent la terre de leurs débris ; comment se fait le retour de ces organes morts au sol et à l'atmosphère d'où ils sont issus ? En d'autres termes, comment les composés si complexes qui les constituent reviennent-ils aux formes simples de la nature minérale ? Nos expériences éclairent la question en ce qui concerne le tannin. On sait en effet que les organes séparés de la plante, les feuilles notamment, sont rapidement envahis par le mycélium de Mucédinées diverses parmi lesquelles on rencontre les *Penicillium* et les *Aspergillus* ; ce mycélium, en se développant dans l'intérieur de l'organe, y dédouble le tannin, en absorbant une partie du sucre pour constituer ses propres tissus ; puis, venant fructifier à la surface, il brûle d'abord le reste du sucre et le tannin non encore dédoublé, après quoi il consume peu à peu l'acide gallique.

tant qu'il reste du sucre, nous savons qu'une partie considérable du tannin disparaît en même temps par combustion directe et sans se dédoubler, ce qui diminue beaucoup le rendement. De là une pratique très-simple mais très-importante à laquelle je pense que les industriels ne manquent jamais aujourd'hui, sans peut-être en bien comprendre la raison : celle de remuer tous les jours de fond en comble la masse à fermenter. On évite ainsi toute fructification et toute combustion superficielle, et le dédoublement du tannin s'opère intégralement ; la glycose reste, il est vrai, dans la masse, mais on en est quitte pour l'éliminer par voie de fermentation alcoolique subséquente. C'est sans doute parce qu'anciennement on négligeait cette pratique, parce qu'on laissait moisir plus ou moins complétement la pâte, qu'il est dit dans certains auteurs que par le procédé de Scheele on ne retire de la noix de galle que 8 pour 100 d'acide gallique (1). La noix de galle contient de 40 à 66 pour 100 de tannin qui doivent donner, si l'on évite toute perte par combustion, de 32 à 53 pour 100 d'acide gallique cristallisé, c'est-à-dire 4 à 7 fois plus que la proportion précédente ; je me suis assuré par des essais où j'ai imité en petit les conditions industrielles que la quantité d'acide gallique est en effet supérieure au tiers, et atteint souvent la moitié du poids de la noix. Mais revenons au dédoublement du tannin.

VI

La plante n'émet pas de principe soluble capable d'agir en dehors de l'organisme.

Il nous reste à montrer que c'est bien par le fait même de sa vie et de son développement que le mycélium dédouble le tannin, et non par l'action de principes solubles sécrétés par lui et capables d'agir en dehors de l'organisme.

Nous savons déjà que quand les spores germent dans une dissolution aérée mais enfermée dans un flacon bouché qu'elle remplit entièrement, elles produisent des flocons qui grandissent tant qu'il reste de l'oxygène dissous, mais qui s'arrêtent ensuite

(1) Pelouze et Fremy, *Traité de chimie*, 1[re] édition, t. IV, p. 306.

dans leur développement ; on les retrouve avec le même aspect au bout de plusieurs mois. Or, de même qu'ils sont stationnaires, ils sont inactifs, et le dosage du tannin exécuté immédiatement après leur arrêt de développement, et six mois plus tard, donne exactement le même résultat. Il n'en serait pas ainsi si la plante pouvait agir en dehors d'elle par les principes solubles qu'elle contient ; l'action se continuerait alors et s'achèverait. Mais complétons la démonstration par de nouvelles expériences.

Nous avons introduit, le 22 octobre 1867, dans une série de flacons contenant, les uns une dissolution de tannin, les autres une infusion filtrée de noix de galle, un mycélium abondant extrait d'une fermentation en activité, et après avoir traité ces liquides comme il est indiqué au premier paragraphe, nous les avons mis à l'étuve, à côté de deux autres flacons où nous avions pareillement introduit du mycélium, mais en les laissant ouverts. Dans tous les flacons de la première série, le tannin est encore aujourd'hui, après plus de six mois, inaltéré ; dans les seconds le mycélium s'est développé et la transformation s'est promptement achevée.

Ainsi, dans les circonstances où elle peut agir chimiquement, mais où tout développement lui est interdit puisqu'elle ne possède pas trace d'oxygène, la plante reste inactive. Elle n'agit donc que par le fait même de son développement et de sa nutrition, et nullement par l'action chimique des liquides qu'elle renferme.

La même impuissance se révèle si l'on broie le mycélium avec un peu d'eau et si l'on ajoute le suc filtré à une dissolution de tannin sur laquelle on fait ensuite le vide.

Des expériences de notre premier paragraphe, combinées avec celles-ci, il résulte donc qu'il ne saurait être question ici de ferment soluble d'aucune sorte, ni préexistant dans la noix de galle, ni contemporain de la vie du mycélium, ni postérieur à sa destruction ; c'est la nutrition même de la plante et cette nutrition seule qui provoque le dédoublement du tannin.

La nécessité du contact de l'air pendant tout le temps de la fermentation nous a donc permis de donner une preuve directe

de l'impuissance des principes solubles du ferment, ou du ferment tout entier quand on lui interdit de se développer, preuve qui ne se peut apporter ni dans la fermentation alcoolique, ni dans aucune de celles où l'air n'agit que comme véhicule du ferment et non comme aliment.

VII

Conclusions.

En résumé, nous voyons que la transformation du tannin à la température ordinaire est toujours un dédoublement en acide gallique et en glycose avec fixation des éléments de l'eau, et que ce dédoublement est toujours corrélatif de la vie et du développement d'un être organisé végétal qui a, cette fois, sa place bien connue dans nos classifications ; c'est le mycélium du *Penicillium glaucum* Link, ou celui de l'*Aspergillus niger*.

A ce titre, ce phénomène rentre donc sous l'énoncé général des fermentations proprement dites, telles que les travaux de M. Pasteur nous les ont fait connaître ; mais il se présente ici une circonstance intéressante qui caractérise un type nouveau. Notre plante, en effet, a besoin, pour vivre, de l'oxygène de l'air ; dans la fermentation alcoolique et dans toutes celles qui se rattachent au même type, la levûre en est au contraire indépendante. Les vues théoriques de M. Pasteur sur le mode d'action des ferments n'en subsistent pas moins pourvu qu'on en généralise l'application. Dans les fermentations ordinaires le ferment prend l'oxygène qui lui est nécessaire à la substance fermentescible, dont l'équilibre se trouve dès lors détruit et qui se résout en groupements nouveaux ; ici ce n'est point l'oxygène, c'est le sucre que notre ferment enlève au tannin, parce que lui seul peut fournir à la plante dans sa vie profonde l'aliment hydrocarboné indispensable à la constitution de ses tissus ; d'où encore rupture d'équilibre et dédoublement.

On connaît donc maintenant, sans parler des combustions totales que M. Pasteur a étudiées le premier et dont j'ai apporté plus haut un nouvel exemple, trois types distincts de fermenta-

tions accomplies par les êtres vivants : 1° fermentation acétique ; 2° fermentation alcoolique et ses congénères lactique, butyrique, etc., fermentations ammoniacale et benzoïque ; 3° fermentation gallique ; et cette dernière nous introduit, pour la première fois, dans le domaine de végétaux beaucoup plus élevés en organisation que les ferments antérieurement connus.

Je ne saurais enfin terminer cet exposé sans rapprocher le phénomène que nous venons d'étudier de celui que, d'après les recherches de M. Pasteur, le *Penicillium glaucum* réalise quand il décompose le paratartrate acide d'ammoniaque en ses tartrates droit et gauche constituants, pour détruire le sel droit et isoler le sel gauche (1).

VIII

Description d'une nouvelle espèce d'*Aspergillus*.

ASPERGILLUS NIGER †.

Flocci imi liquoris steriles, spherici, laxati, e filamentis radiatis articulatis ramosissimis compositi.

Flocci summi liquoris fertiles, hemisphærici, in discos fusi quorum conjunctione et intertextu membrana continua brevi constituitur. Stipites erecti, simplices, continui, ad basim geniculati ; capituli basidiis elongatis, radiatis, confertis, omnino tecti ; catenæ sporarum fasciculatim junctæ, subæquales ; sporæ sphæricæ, verrucosæ, nigrescentes, $0^{mm},004$ ad $0^{mm},005$ diametro æquantes.

Hab. — In dilutis gallis, in solutis tannino, saccharo, acido citrico, acido tartrico, etc. ; in pane humido, in urinâ acidâ, in foliis deciduis, etc. — Diffusissima species.

Observations. — J'ai dit que par leurs filaments plus gros, par leur texture plus lâche et dépourvue de reflets irisés, les flocons profonds d'*Aspergillus niger* se distinguent à première vue de ceux de *Penicillum glaucum* qui sont très-denses, formés de

(1) Dans des expériences encore inédites, M. Pasteur a reconnu : 1° que le *Penicillium glaucum* peut détruire à son tour le tartrate gauche ; 2° que les tartrates gauches de chaux et d'ammoniaque peuvent, eux aussi, fermenter, quoique beaucoup plus difficilement que les sels droits correspondants.

filaments plus minces et chatoyants. Les cellules constitutives du mycélium sont remplies de protoplasma transparent creusé de larges vacuoles; elles n'ont pas, comme celles du *P. glaucum*, plusieurs noyaux solides; leur diamètre est de $0^{mm},005$ à $0^{mm},006$, pour une longueur 6 à 10 fois plus grande. En se développant ces flocons se rejoignent et s'enchevêtrent pour former une masse assez irrégulière qui continue de s'accroître sur toute sa périphérie. C'est sous cette forme stérile et profonde, où elle ne respire que par l'oxygène dissous, que la plante agit comme ferment pour dédoubler le tannin en acide gallique et en glycose.

Les flocons qui se développent à la surface sont d'abord hémisphériques, puis ils s'étalent en disques qui s'accroissent concentriquement de telle sorte que s'il y a des variations dans la température, et par suite dans la vitesse d'accroissement périphérique, ces variations sont inscrites sur le disque par des cercles concentriques. Bientôt ces îlots se rencontrent, s'enchevêtrent et constituent en définitive une membrane continue. C'est perpendiculairement à la surface des disques que s'élèvent les filaments réceptaculaires. Ceux-ci sont simples, unicellulaires, cylindriques, géniculés à la base où ils s'insèrent à la fois par leur extrémité et par le point d'inflexion sur le filament horizontal du mycélium qui les porte; ils sont remplis par un protoplasma finement granuleux qui se colore en jaune à la maturité; leur membrane, mince d'abord, s'épaissit fortement plus tard; leur diamètre, double ou triple de celui des cellules du mycélium, varie de $0^{mm},011$ à $0^{mm},016$; ils atteignent souvent 1 millimètre de hauteur. Ils parviennent à leur longueur totale en restant cylindriques, puis leur extrémité se renfle en un capitule sphérique d'abord lisse, mais dont la surface se couvre bientôt de sortes de verrues contiguës les unes aux autres, qui en s'allongeant forment des basides rayonnantes extrêmement serrées, implantées sur la face externe du capitule dont la paroi fortement épaissie laisse voir deux couches très-distinctes. Ces basides sont très-étroites, $0^{mm},0025$, mais leur longueur atteint $0^{mm},012$ à $0^{mm},015$, c'est-à-dire trois à quatre fois le diamètre des spores qu'elles portent; incolores d'abord, elles sont d'un jaune brun à la chute

des spores. Chacune de ces basides développe par segmentation de son extrémité un chapelet de spores qui, d'un jaune-citron d'abord, passent rapidement au brun chocolat de plus en plus foncé, et quelquefois au noir; ces chapelets rayonnants sont réunis d'abord latéralement en un faisceau unique qui se brise ensuite en faisceaux prismatiques distincts; ils s'isolent plus tard et les spores elles-mêmes se détachent et tombent. Ces spores sphériques demeurent assez longtemps lisses; elles sont déjà d'un brun-chocolat foncé qu'on trouve encore leur contour circulaire; mais au moment d'atteindre leur maturité, elles se hérissent de nombreuses aspérités, qui les font ressembler à celles de l'*Aspergillus glaucus*. Elles dégagent une forte odeur d'encre de Chine qui paraît plus forte dans le cours de leur développement qu'après leur maturité complète. Leur diamètre est de 0^{mm},004 à 0^{mm},005.

L'*Aspergillus glaucus* n'a pas le réceptacle géniculé vers sa base; ses basides sont très-courtes et ovoïdes, et ses spores vertes, près de quatre fois plus grosses, atteignent, d'après Corda, 0^{mm},017.

Notre plante apparaît spontanément, avec ou sans le *Penicillium glaucum*, sur les infusions de noix de galle ou sur les dissolutions de tannin abandonnées au contact de l'air. Dans les expériences qui font l'objet de ce mémoire, j'ai dû surtout me préoccuper de la semer et de la cultiver, soit dans des infusions de noix de galle, soit dans des dissolutions de tannin contenant en outre du nitrate d'ammoniaque et des cendres de bois ou de levûre. Mais je l'ai semée aussi, cultivée et récoltée en grande quantité et avec tous ses caractères, dans les milieux les plus divers : sur du pain mouillé, sur des tranches de citron et d'orange, sur de l'urine demeurée acide, sur des feuilles mortes, etc.; enfin sur différents milieux artificiels où le sucre, l'acide tartrique libre et le bitartrate d'ammoniaque, servaient tour à tour d'aliment hydrocarboné à la plante.

C'est donc une espèce qui s'accommode aux conditions de milieu les plus diverses et qui est par conséquent très-répandue dans la nature. C'est elle encore, comme nous nous en sommes

assurés ensemble par une comparaison attentive, que depuis plusieurs années M. Raulin sème, cultive et récolte en grande abondance sur des milieux artificiels définis et de constitution variée, dans cette belle série de recherches sur les principes minéraux nécessaires à la végétation des Mucédinées dont les premiers résultats ont été publiés en 1863 (*Comptes rendus*, t. LVII, p. 228), et dont l'exposé complet ne tardera pas à paraître.

Les caractères de notre espèce étant ainsi reconnus fixes et indépendants de la nature du milieu, il nous reste à examiner si elle est réellement nouvelle.

C'est la couleur des spores qui a prévalu dans la dénomination des Aspergillus; ainsi on a les *Aspergillus candidus*, *flavus*, *aurantiacus*, *ferrugineus*, *virens*, *glaucus*, *roseus*, etc.; c'est cette circonstance qui m'a guidé dans l'appellation de l'espèce nouvelle. Deux *Aspergillus* à spores noirâtres ont été cependant décrites, l'une par M. Ch. Robin, en 1848, sous le nom d'*Aspergillus nigrescens* (*Hist. nat. des végétaux parasites*, p. 518 et pl. V, fig. 2), l'autre tout récemment, en 1867, par M. Robert Wreden, sous celui d'*Aspergillus nigricans* (*Comptes rendus*, t. LXV, p, 368).

M. Ch. Robin a rencontré l'*A. nigrescens* sur des productions morbides tapissant les sacs aériens d'un faisan phthisique. Le filament réceptaculaire y est formé d'une série de cellules articulées bout à bout, caractère qui rapproche cette espèce des *Aspergillus ovalispermus*, *macrosporus* et *griseus*, en l'éloignant des *Aspergillus glaucus* et *mucoroïdes;* les spores sont lisses et plus petites; les cellules du mycélium ont un diamètre moitié plus faible ($0^{mm},002$ à $0^{mm},003$), et elles contiennent chacune plusieurs noyaux solides. Ces caractères paraissent établir que cette espèce est bien distincte de la nôtre. Mais peut-être n'en est-elle qu'une variété déterminée par les conditions si particulières du milieu animal où la plante se développait; la culture seule du parasite sur les milieux végétaux ordinaires, ou sur des milieux artificiels, pourrait résoudre cette question.

D'autre part, M. Wreden, en étudiant une affection particulière et très-opiniâtre de l'oreille humaine, a observé le dévelop-

pement sur la membrane du tympan de deux nouvelles formes d'*Aspergillus* parasites, qui ne diffèrent de l'*Aspergillus glaucus* dont elles possèdent tous les autres caractères que par la couleur des spores : il les appelle *Aspergillus flavescens* et *nigricans*. Mais en semant ces deux sortes de spores sur des tranches d'orange ou de citron, l'auteur les a vues germer et reproduire en tous points l'*Aspergillus glaucus* avec la couleur verte ordinaire de ses spores. Ces parasites ne sont donc pas des espèces autonomes, mais de simples variétés de l'*A. glaucus*, produites par les caractères particuliers du milieu animal dans lequel elles croissent.

Nous savons qu'il est loin d'en être de même de notre *Aspergillus niger* dont l'autonomie spécifique se trouve ainsi bien établie, mais qui cependant, par l'ensemble de ses caractères, me paraît se rapprocher de l'*Aspergillus glaucus* plus que d'aucune autre espèce du même genre.

Il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer, en terminant, que M. Wreden, pour arriver à guérir la maladie que la végétation des *Aspergillus* détermine dans l'oreille humaine, a étudié l'action qu'exercent sur ces végétaux divers agents chimiques. Parmi les meilleurs parasiticides, l'auteur range, à côté de l'acide phénique, le *tannin*. « Ce corps, dit-il, détermine en premier lieu la coagulation du protoplasma et consécutivement une sorte de momification très-remarquable de tout le végétal. » Ce résultat ne laissera pas que de paraître étrange si l'on se rappelle avec quelle rapidité, avec quelle énergie notre *Aspergillus niger* se développe dans les dissolutions de tannin, même les plus concentrées, et l'étonnement ne diminuera pas si j'ajoute qu'il m'est arrivé à plusieurs reprises d'observer, dans ce même milieu, l'apparition accidentelle de quelques îlots d'*Aspergillus glaucus* égarés au milieu d'une couche compacte de *Penicillium glaucum*.

SUR LA RÉPARTITION

DE

LA POTASSE ET DE LA SOUDE DANS LES VÉGÉTAUX,

Par M. Eug. PÉLIGOT.

(Présenté à l'Académie des sciences, séance du 4 novembre 1867.)

Les plantes empruntent au sol diverses matières minérales, et y laissent d'autres substances qui, bien qu'aussi abondantes, échappent à la faculté d'assimilation des végétaux. Restituer à la terre, qui les a fournies, les matières qui concourent au développement des plantes, est aujourd'hui le but des efforts de tous les agriculteurs.

La science moderne nous a conduit à placer ces matières au nombre des principes nutritifs des végétaux. Guidé par l'analyse du résidu laissé par leur incinération, Th. de Saussure a établi le premier qu'il existe dans le sol fertile un certain nombre de produits minéraux qui, de même que les éléments organiques, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote, sont nécessaires à l'existence de tout le règne végétal. Ces produits ne se trouvent pas accidentellement et comme par hasard dans les différentes parties des plantes, ainsi qu'on l'admettait avant lui.

La justesse de ces vues a été confirmée par les travaux très-nombreux, bien qu'encore incomplets, qui ont été faits dans cette voie depuis un demi-siècle ; l'analyse des cendres fournies par les végétaux est devenue l'une des branches les plus importantes de la chimie agricole.

Au nombre de ces principes minéraux se trouvent les alcalis, la potasse et la soude. On admet que ces deux bases existent l'une et l'autre dans les plantes sous forme de sels à acides minéraux ou organiques ; elles s'y trouvent inégalement réparties, la potasse étant presque toujours plus abondante que la soude. Comme ces deux corps agissent parallèlement dans un grand

nombre de phénomènes chimiques, dans lesquels la potasse peut remplacer la soude et celle-ci la potasse, on a été conduit à ne pas les séparer dans le rôle qu'on leur attribue pour le développement des végétaux.

Cette opinion est-elle fondée? Repose-t-elle sur des faits bien observés? Les deux alcalis peuvent-ils se remplacer mutuellement dans les phénomènes agricoles comme dans la plupart des phénomènes chimiques? Ont-ils la même efficacité, la même valeur dans le sol et dans les engrais? Je me suis proposé de répondre à ces questions, dont l'importance n'échappera à personne, en soumettant à une étude attentive la répartition de la potasse et de la soude dans un grand nombre de plantes et dans les différentes parties d'une même plante.

En ce qui concerne la potasse, cette recherche ne pouvait conduire à aucun résultat nouveau. Le nom d'*alcali végétal*, que les anciens chimistes avaient assigné à ce corps, donne une idée précise de son origine industrielle, et se trouve justifié par sa présence dans les diverses parties de tous les végétaux. Abondante dans les racines, on retrouve la potasse en proportion relativement plus grande à l'autre extrémité de l'échelle végétale dans les graines. Des éléments minéraux qui, avec elle, concourent le plus efficacement à la vie des plantes, l'acide phosphorique, la magnésie et la chaux, c'est celui qu'on trouve dans la proportion la moins variable dans leurs différentes parties.

Il en est tout autrement de la soude. On admet généralement la présence de cette base dans les racines, auxquelles on attribue la faculté d'emprunter au sol la plupart des éléments solubles qu'il renferme. Plusieurs plantes, qui se plaisent particulièrement dans les terrains salés, fournissaient autrefois à l'industrie toute la soude qu'elle consommait. Mais en ce qui concerne l'ensemble de la production végétale, les analyses de cendres exécutées depuis une trentaine d'années, si nombreuses qu'elles soient, laissent indécises les questions que je viens d'énoncer.

En effet, si l'on consulte les analyses de cendres végétales exécutées, pour la plupart, par les chimistes allemands qui ont cherché à établir les relations qui peuvent exister entre le sol,

les engrais et la nature des principes minéraux absorbés par les plantes, il semble que toutes les parties des végétaux fournissent des cendres plus ou moins riches en soude. Ainsi, sans parler des racines, diverses espèces de bois, notamment le Hêtre, le Pin sylvestre, le Mélèze ; les tiges des Pois, du Colza, du Lin, du Froment ; la Canne à sucre ; les feuilles du Tabac, du Trèfle, du Noyer, du Houblon ; les graines du Froment, du Colza, des Pois, du Chènevis, du Lin, de la Garance ; les Pommes de terre, etc., contiendraient, d'après les recherches de divers auteurs dont il n'est pas utile de rappeler les noms, des proportions notables de soude. Mais plusieurs de ces résultats sont en contradiction avec ceux qui ont été obtenus par d'autres chimistes. Ainsi M. Rammelsberg, dans un travail sur la distribution des substances inorganiques dans les différentes parties des plantes, n'a pas trouvé de soude dans les graines des Pois et du Colza, bien qu'il admette l'existence de ce corps dans les tiges de ces plantes. M. Wolf a constaté aussi que le fruit du Marronnier d'Inde fournit des cendres qui ne contiennent d'autre alcali que la potasse. Enfin plusieurs chimistes, et parmi les plus autorisés Berthier et M. Boussingault, se sont abstenus le plus souvent d'effectuer la séparation de la potasse d'avec la soude, désignant prudemment sous le nom d'*alcalis* le résidu qu'ils dosaient par différence, après la séparation des autres substances que les cendres renfermaient.

Ainsi ces appréciations sont, en général, basées sur des données insuffisantes et incertaines ; elles sont presque toujours le résultat de dosages indirects, dans lesquels la soude est déterminée par différence. En laissant de côté, d'une part, les plantes, telles que la Salicorne et les diverses variétés de *Salsola* qui, depuis un temps immémorial, fournissent à l'industrie la soude dite *naturelle*, et, d'autre part, la Betterave, dont le salin renferme, comme on sait, une très-notable proportion de sels de soude, et qui appartient d'ailleurs à la même famille botanique, aucune expérience directe n'a été faite, à ma connaissance, dans le but d'établir la présence de cet alcali dans les cendres des végétaux. La plupart des chimistes qui se sont occupés de ces

questions n'ont pas mis en doute que ce corps dût nécessairement s'y trouver en même temps que la potasse ; on ne s'est pas assez arrêté à l'idée que la soude pouvait ne pas se rencontrer dans les plantes, bien qu'elle existe dans le sol et dans les engrais.

On sait que, pour doser la potasse et la soude des cendres, on fait usage d'un procédé d'analyse par différence, qui consiste à peser ces deux corps à l'état de sulfates, et à séparer sous forme de sulfate de baryte l'acide sulfurique qu'ils contiennent. Ces deux éléments permettent de calculer, au moyen d'une formule bien connue, le poids de chacun des alcalis.

Or, si ce mode de dosage donne des résultats exacts quand les sulfates sont bien purs et bien neutres, il n'en est pas de même lorsque ces sels renferment une petite quantité de magnésie ou de chaux. On sait que la séparation complète de la magnésie d'avec la potasse et la soude est une opération fort difficile : l'emploi de l'acétate ou de l'azotate de baryte pour précipiter l'acide des sulfates alcalins est aussi une cause d'erreur bien connue. Comme l'équivalent chimique de la magnésie est relativement très-faible, et comme toute quantité d'acide sulfurique supérieure à celle que doit renfermer le sulfate de potasse se traduit, par le calcul, en une proportion souvent imaginaire de sulfate de soude, ces causes d'erreur amènent dans l'interprétation des résultats une grande perturbation, et conduisent à admettre la présence de la soude dans un résidu consistant en sulfate de potasse, lorsqu'il renferme en très-petite quantité, soit de l'acide sulfurique, soit du sulfate de magnésie.

En raison de ces difficultés, je me crois autorisé à énoncer cette proposition, que dans les cendres des végétaux on a très-souvent déterminé la proportion d'un corps qui n'y existe pas. Aussi, quoique la quantité de soude se trouve spécifiée dans un grand nombre d'analyses, on ne peut en conclure, dans mon opinion, que ce corps s'y rencontre réellement, les auteurs ayant négligé de s'assurer préalablement de sa présence au moyen d'expériences directes, qui sont, à la vérité, d'une exécution longue et difficile. On sait que la soude a toujours été l'une des

substances les plus difficiles à reconnaître, attendu qu'elle ne possède presque aucun de ces caractères tranchés qui servent à constater la présence des autres éléments minéraux.

Le désir d'arriver à des résultats moins incertains m'a fait entreprendre ce travail, dont le but est simplement de constater la présence ou l'absence de la soude dans les cendres des végétaux.

Cette recherche ne peut se faire utilement qu'autant que les plantes sont incinérées à une température peu élevée, afin d'éviter la volatilisation, même partielle, des alcalis qu'elles peuvent contenir. Il est, en outre, nécessaire de brûler une assez forte quantité de la plante à examiner, la recherche de la soude étant d'autant plus difficile qu'on dispose d'une moindre quantité de matière. Pour les bois, on en brûle plusieurs gros morceaux dans un poêle de fonte ; l'incinération du Blé et des autres graines est longue est difficile, surtout quand on opère, comme je l'ai fait, sur 200 à 500 grammes ; plusieurs fois, j'ai dû hâter par l'emploi de l'acide sulfurique ou du nitre la destruction très-lente de la matière charbonneuse. Les feuilles et les tiges des plantes sont facilement brûlées dans un petit fourneau de terre dont on supprime la grille, et dont le cendrier reçoit un jet de gaz enflammé. Le résidu charbonneux qu'on obtient ainsi est ensuite plus complétement incinéré dans une capsule de platine qu'on chauffe à l'entrée d'un moufle.

Traitées par l'eau, les cendres laissent un résidu qu'on sépare par filtration d'avec la partie soluble qui renferme les sels alcalins.

La recherche de la soude a été faite par diverses méthodes : celle à laquelle j'ai donné la préférence consiste à ajouter à la lessive alcaline un excès d'eau de baryte qui précipite les acides qu'elle contient sous forme de carbonates, de sulfates et de phosphates alcalins. Après avoir séparé par filtration le précipité barytique, on fait passer dans la dissolution un courant d'acide carbonique qui sépare la baryte en excès, sauf une petite quantité qui reste dissoute à la faveur de l'excès d'acide carbonique ; celle-ci se sépare à son tour quand la liqueur est soumise à une évaporation partielle.

Après une nouvelle filtration, on sursature la liqueur par l'acide azotique, et on la concentre de manière à obtenir sous forme d'azotate cristallisé la plus grande partie de la potasse contenue dans les cendres. L'azotate de soude, qui est, comme on sait, beaucoup plus soluble, se trouve dans l'eau mère qui accompagne les cristaux de nitre. C'est donc dans celle-ci que la soude doit être recherchée.

Dans ce but, cette liqueur est traitée par l'acide sulfurique. Le résidu provenant de son évaporation est fortement calciné, de manière à avoir les sulfates à l'état neutre. On reprend par l'eau et l'on sépare à l'état cristallisé la majeure partie du sulfate de potasse; l'eau mère qui reste après la séparation de ces cristaux est abandonnée à l'évaporation spontanée : si les cendres sont exemptes de soude, elle fournit des prismes transparents de sulfate de potasse ; dans le cas contraire, le sulfate de soude, qui cristallise en dernier lieu, apparaît sous forme de cristaux qui s'effleurissent peu à peu, et qui, par leur aspect mat et farineux, se distinguent facilement d'avec les cristaux limpides de sulfate de potasse. Quelquefois la soude a été cherchée dans le résidu insoluble dans l'eau ; elle pouvait, en effet, s'y rencontrer sous forme de silicate. Pour l'en séparer, on a fait usage d'acide sulfurique concentré, qu'on a ensuite séparé par l'eau de baryte. Le résultat a toujours été négatif.

Ces procédés peuvent donner lieu à une sérieuse objection. On peut se demander s'il n'existe pas un ou plusieurs sulfates doubles de potasse et de soude, se produisant dans ces conditions et donnant, comme le sulfate de potasse, des cristaux non efflorescents. On sait que des sels doubles de cette nature ont été signalés par plusieurs chimistes, notamment par M. Penny, par M. Hauer et par M. Grandeau. La forme cristalline de ces composés, pour lesquels on n'est pas bien certain que la substitution d'une base à l'autre se fasse toujours suivant des proportions définies, a été soigneusement déterminée par M. des Cloizeaux. Cette forme est hexagonale, tandis que le sulfate de potasse pur présente toujours la forme rhombique à deux axes optiques.

J'ai fait, pour répondre à cette objection, un grand nombre

d'essais synthétiques, en mélangeant le sulfate de potasse avec du sulfate de soude dans des proportions variées. Toutes ces dissolutions, soumises à des cristallisations successives, ont fourni des cristaux efflorescents par l'évaporation spontanée des eaux mères. J'ai constaté qu'un mélange de sulfate de potasse et de sulfate de soude ne renfermant que 2 pour 100 de ce dernier sel donne encore dans ses dernières portions le caractère de l'efflorescence d'une façon sensible. J'ajouterai que les sulfates doubles de potasse et de soude se produisent dans des conditions exceptionnelles tellement rares, que M. des Cloizeaux a eu beaucoup de peine à s'en procurer quelques échantillons. C'est surtout lors de la cristallisation des sulfates en présence d'une liqueur alcaline contenant du carbonate de potasse et du carbonate de soude que ces sels ont été quelquefois obtenus. Ces conditions se trouvent réalisées dans les usines où l'on raffine les potasses provenant des salins de Betteraves.

Je ne prétends pas, d'ailleurs, être arrivé par cette méthode à des résultats d'une précision absolue. Il n'est pas impossible qu'une très-petite quantité de soude qui représenterait quelques millièmes du poids des cendres échappe à ce mode d'investigation. Néanmoins, l'accord des résultats que j'ai obtenus avec ceux qui résultent de l'emploi de deux autres méthodes que j'ai employées également m'inspire quelque confiance sur sa valeur relative.

L'une de ces méthodes consiste à saturer par l'acide chlorhydrique la liqueur qui a été soumise au traitement barytique, à précipiter la potasse sous forme de chlorure double de platine et de potassium, et à laver le précipité au moyen de l'alcool additionné d'éther. La dissolution, évaporée et légèrement calcinée, ne laisse aucun résidu autre que le platine, quand les cendres ne contiennent pas de soude.

L'autre procédé, qui donne des résultats satisfaisants, mais dont l'exécution est longue, est une application de la méthode des dissolvants qu'on doit à M. Chevreul. Après avoir séparé par cristallisation la plus grande partie de l'azotate de potasse provenant du traitement des cendres par l'eau de baryte, l'acide

carbonique, etc., on fait cristalliser la totalité de l'eau mère qui accompagne ce sel, et l'on traite ce résidu par une quantité d'eau froide insuffisante pour dissoudre toute la matière saline. Cette dissolution saturée est pesée, puis abandonnée à l'évaporation spontanée; elle fournit un poids de nitre qu'on compare à celui que donne, dans les mêmes conditions de température, une dissolution saturée de nitre pur. Si le poids est le même, on peut admettre que la première dissolution ne contenait que du nitre, et que les cendres étaient exemptes de soude.

En employant ces divers procédés, je crois avoir constaté que la cendre fournie par l'incinération de la plupart des végétaux est exempte de soude.

Les produits que j'ai examinés ont été pris d'abord un peu au hasard; j'ai étudié des végétaux usuels que j'avais sous la main. Plus tard, j'ai eu recours à l'obligeance de notre confrère M. Decaisne, qui m'a guidé dans le choix des plantes dans lesquelles la soude semblait devoir plus particulièrement se rencontrer, et qui a mis à ma disposition un certain nombre d'échantillons provenant des cultures du Muséum.

Je n'ai pas trouvé de soude dans les cendres provenant des produits végétaux qui suivent :

Le Blé (grain et paille, examinés séparément); l'Avoine (*idem*); la Pomme de terre (tubercules et tiges); les bois de Chêne et de Charme; les feuilles de Tabac, de Mûrier, de Pivoine, de Ricin; les Haricots; le Souci des Vignes; la Pariétaire, la *Gypsophila pubescens;* le Panais (feuilles et racines).

L'examen des cendres de cette dernière plante montre que l'idée qu'on se fait du pouvoir absorbant des racines pour tous les produits solubles contenus dans le sol est erronée. On ne peut objecter que le terrain dans lequel elle a été cultivée ne renferme pas de soude, car on a récolté à côté de ces Panais quelques-unes des plantes riches en soude que j'ai maintenant à mentionner.

Ces plantes appartiennent presque toutes à la même famille, celle des *Atriplicées* ou *Chénopodées*. C'est un fait remarquable, et qui témoigne en faveur des caractères qui ont guidé

les botanistes dans la classification de ces plantes. En effet, les cendres des *Atriplex hortensis* et *hastata*, du *Chenopodium murale*, de la Tétragone, renferment une notable quantité de soude. Ces cendres sont très-fusibles, ce corps s'y rencontrant surtout sous forme de sel marin.

Néanmoins, cette concordance entre la classification botanique et la présence de cet alcali n'a rien d'absolu ; car j'ai vainement cherché la soude dans le *Chenopodium Quinoa* et dans les Épinards, qui appartiennent à la même famille.

La Betterave fait partie du même groupe botanique : c'est une plante littorale de la famille des Atriplicées. On sait que les salins bruts de Betteraves sont riches en sels de soude. Les feuilles de cette plante en contiennent aussi une grande quantité.

La Mercuriale et la Zostère, qui appartiennent à d'autres familles, renferment également de la soude. Il en est de même des diverses espèces de Fucus qui fournissent la soude de Varech. On sait que ce produit, malgré son nom, est surtout formé de sels de potasse. Rien ne prouve mieux assurément la préférence que les plantes accordent à la potasse, que l'existence d'une quantité prédominante de cette base dans des plantes qui vivent dans l'eau de mer, dans un milieu très-riche en soude et très-pauvre en sels de potasse. Si l'on pouvait arriver à séparer de ces plantes l'eau salée qui les baigne et qu'elles ont absorbée pour ainsi dire mécaniquement, on arriverait peut-être à établir que la soude ne se trouve pas au nombre des principes minéraux localisés par les organes de ces plantes.

Quoi qu'il en soit, je conclus de l'ensemble de ces expériences que la soude est beaucoup moins répandue dans le règne végétal qu'on ne le suppose généralement. Son rôle y est fort limité ; il n'est nullement comparable à celui de la potasse. Il me paraît impossible d'admettre désormais que l'une de ces bases peut remplacer l'autre. Il semble, au contraire, qu'à l'exception d'un petit nombre de plantes qui se plaisent au bord de la mer et dans les terrains salés, les végétaux ont pour la soude une indifférence, je dirai même une antipathie dont il faut grandement

tenir compte dans le choix du sol, des engrais, des amendements et des eaux qui doivent concourir à leur développement.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer que cette opinion ne concerne que le sel marin et le sulfate de soude ; je ne mets pas en doute l'efficacité de l'azotate et du phosphate de soude ; mais ces corps n'agissent qu'en raison de l'action fertilisante de l'acide qu'ils renferment.

Quelle est la cause de cette répulsion ? Pourquoi la soude est-elle délaissée par les végétaux qui absorbent les sels de potasse et de magnésie qui l'accompagnent dans le sol ? Est-ce parce que les sels de soude y seraient moins abondants ? Cette explication n'est pas acceptable, car tous les engrais d'origine animale et la plupart des engrais artificiels contiennent une notable quantité de sel marin. C'est presque toujours sous cette forme que la soude se rencontre dans le sol ou dans les engrais. Est-ce à la stabilité du chlorure de sodium, à son inertie pour former des composés nouveaux, qu'il faut attribuer le rôle négatif qu'il joue dans les phénomènes de la végétation ? Cela est plus vraisemblable, car je suis disposé à croire que c'est presque toujours sous forme de sel marin que la soude pénètre dans les plantes.

Plusieurs importantes questions agricoles, depuis longtemps débattues, recevront peut-être de cette étude quelques-uns des éléments qui manquaient à leur élaboration. Je demande à l'Académie la permission de les énumérer brièvement.

Je parlerai d'abord de l'emploi du sel comme engrais. La question de savoir si le sel est nécessaire à l'agriculture, en dehors de son emploi comme condiment pour l'entretien du bétail, est une de celles qui ont donné naissance aux expériences les plus anciennes, les plus nombreuses, et l'on peut ajouter les plus contradictoires. A une époque peu éloignée de nous, il semblait que la suppression ou la diminution de l'impôt qui frappe cette matière première devait être pour notre agriculture une nouvelle et inépuisable source de prospérité. A l'appui de cette thèse, qui s'étayait sur des considérations auxquelles la politique était moins étrangère que la science, on citait l'exemple des agriculteurs anglais, qui, ayant à leur disposition le sel à bon

marché, s'en servaient avec avantage, disait-on, pour l'amélioration de leurs terres. Un rapport lumineux, publié en 1850 par M. Milne Edwards, a fait justice de ces exagérations.

Depuis cette époque on a consulté l'expérience ; celle-ci a quelquefois répondu conformément aux désirs ou aux intérêts des expérimentateurs. Plus souvent les résultats ont été négatifs ; il a été même constaté qu'au delà d'une quantité très-limitée, l'addition du sel, soit à la terre, soit aux engrais, exerce un effet plutôt nuisible qu'utile. Des faits observés par M. Becquerel ont mis en évidence son action désastreuse sur la germination des plantes.

D'autres essais, à la vérité, ont donné des résultats favorables à l'emploi du sel comme engrais. Mais on peut se demander si ces bons résultats ne sont pas dus plutôt aux matières qui accompagnent ce corps qu'au sel lui-même, c'est-à-dire au chlorure de sodium. Ainsi tout le monde sait que le sel brut renferme toujours des sels de magnésie : or, si l'efficacité des sels de soude me paraît douteuse, il n'en est pas de même de la valeur agricole des composés magnésiens. Contrairement aux opinions qui ont été longtemps en faveur sur le rôle de la magnésie dans les phénomènes de la végétation, je considère cette base comme nécessaire au développement des corps organisés au même titre que l'acide phosphorique et la potasse. Elle s'accumule, en effet, en grande quantité dans les œufs des animaux, dans les graines des plantes, à l'exclusion même de la chaux qui ne s'y rencontre qu'en faible proportion, et qui, pour les plantes, paraît surtout utile au développement des feuilles. Je suis même disposé à attribuer à la magnésie une bonne partie des avantages que l'emploi de la chaux ou de la marne procure à certaines terres, dans lesquelles, bien que l'élément calcaire y existe déjà en abondance, les composés magnésiens qui font défaut peuvent être apportés par l'adjonction de ces amendements qui renferment toujours une petite quantité de carbonate de magnésie.

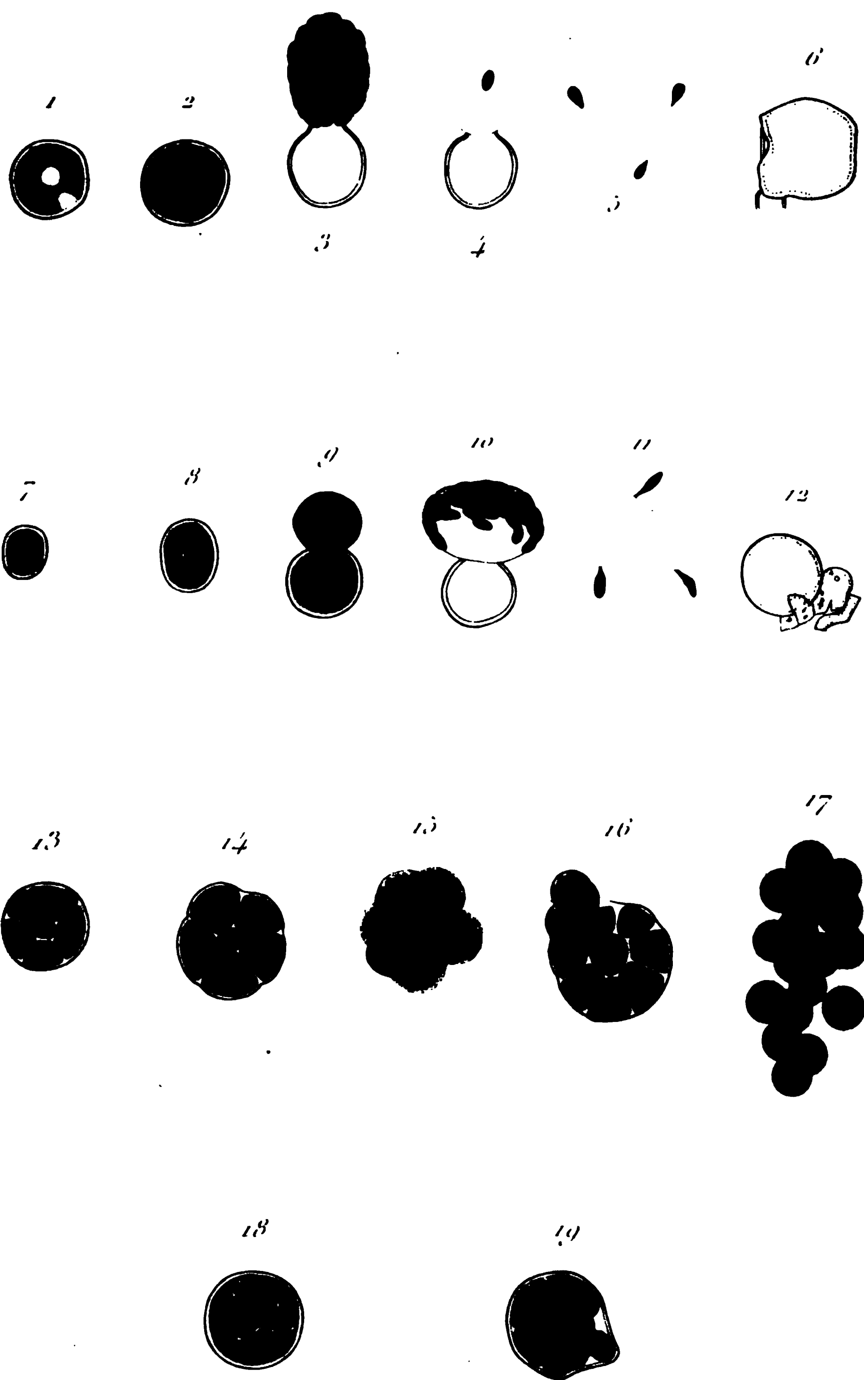
Ces considérations s'appliquent, à plus forte raison, aux résidus provenant des salines du Midi, dont l'effet utile serait dû exclusivement aux sels de potasse et de magnésie qu'ils renfer-

ment, et aussi aux nouveaux engrais salins des mines de Stassfurt, dont les agriculteurs allemands consomment actuellement des quantités considérables.

Il en est de même pour l'engrais humain. Je ne suis pas de ceux qui n'attribuent qu'à un préjugé, qu'à une ignorance traditionnelle, la préférence que les agriculteurs de tous les temps et de tous les pays accordent aux déjections des animaux herbivores, au fumier de ferme. Bien que l'engrais humain soit le plus ancien, le plus simple, le moins coûteux de tous les engrais, on en est encore à discuter son efficacité. Comme il contient une forte dose de sel marin, si les faits que je viens d'exposer sont exacts, on peut se demander si son usage prolongé ne doit pas avoir pour résultat de ruiner la terre au bout d'un certain nombre de récoltes qui, en absorbant les matières fertilisantes, y laissent le sel marin. Or celui-ci, accumulé dans le sol, exerce sur la végétation un effet nuisible.

On sait combien l'emploi de l'engrais flamand est considérable dans nos départements du Nord et en Belgique. Il semble donc que, si l'opinion que je viens d'énoncer est fondée, l'agriculture de ces contrées, jusqu'ici prospère, aurait à subir, à une époque plus ou moins éloignée, un mouvement rétrograde. Les symptômes de ce mouvement se feraient déjà sentir, au dire d'un certain nombre d'agriculteurs du Nord, en ce qui concerne la qualité des Betteraves, qui contiendraient aujourd'hui moins de sucre qu'elles n'en renfermaient autrefois, et qu'elles n'en contiennent quand elles viennent d'autres localités qui ne font pas usage du même engrais. J'ajoute que, dans les départements du Nord et du Pas-de-Calais, bon nombre de fabricants de sucre imposent au cultivateur l'obligation de ne pas fumer avec cet engrais les terres qui fournissent les Betteraves qu'ils leur achètent.

Je dois d'ailleurs placer ici une remarque bien curieuse : c'est la coïncidence qui existe dans le nord de la France, en Belgique et en Allemagne, entre la culture de la Betterave et l'emploi d'engrais chargés de sel marin, comme sont l'engrais humain et les résidus des mines de Stassfurt. La Betterave est précisé-



A. Tamintain del. Pierre sc.

Gonidies et Zoospores des Lichens.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15. Paris

ment une plante d'une nature exceptionnelle, originaire des bords de la mer, c'est-à-dire de terrains chargés de sel marin. Aussi elle se prête mieux au régime de ces engrais qu'aucune autre plante cultivée ; elle présente même cet avantage considérable, de débarrasser le sol d'un grand excès de chlorure de sodium, de le nettoyer, pour ainsi dire, de manière à le rendre propre à d'autres cultures qu'on demande, d'ailleurs, dans le Nord, à d'autres engrais, notamment aux tourteaux et au fumier. La proportion de soude qui existe dans les salins bruts extraits des mélasses de Betteraves varie notablement, en raison même de la nature des engrais ; ainsi, d'après les analyses de M. Corenwinder, les salins qui viennent du département du Nord contiennent en moyenne 40 pour 100 environ de sel marin et de carbonate de soude ; ceux de l'Aisne et d'Allemagne, 30 pour 100, tandis que ceux qui proviennent des Betteraves du département du Puy-de-Dôme, dont le terrain est riche en potasse et pauvre en soude, ne contiennent que 15 pour 100 de ces mêmes sels, et sont par conséquent bien préférables pour l'extraction de la potasse, qu'ils renferment en proportion beaucoup plus grande.

J'ajoute qu'il est généralement admis que, dans les mêmes conditions de culture, les Betteraves dont les cendres contiennent le plus de soude sont celles qui contiennent le moins de sucre. Ce sont aussi celles qui en fournissent le moins au fabricant, car les observations que j'ai faites il y a longtemps sur les combinaisons du sucre avec les chlorures alcalins ont établi combien ces composés sont nuisibles à l'extraction du sucre.

En résumé, si les engrais contenant une forte proportion de sel marin, employés avec discrétion et discernement, sont avantageux pour la culture de la Betterave, si même ils sont utiles dans quelques cas pour entretenir dans le sol un degré convenable d'humidité et pour faciliter l'absorption de quelques principes fertilisants, il ne me semble pas prudent d'en trop généraliser l'emploi. Ce n'est peut-être pas sans raison que les déjections humaines qu'on transforme en poudrette sont soumises à des manipulations incommodes, coûteuses, qui nous semblent barbares, en raison des pertes de matière fertilisante

qu'elles entraînent. Ces opérations ont, en définitive, pour résultat d'en séparer la plus grande partie des composés solubles, et avec eux le sel marin.

Sous ce rapport, on peut aussi se demander si les eaux impures et salées qui sortent des égouts des villes ont bien toute la valeur agricole qu'on s'accorde aujourd'hui à leur attribuer. Sans doute, si les terrains qu'elles doivent arroser sont très-étendus, si leur perméabilité, comme celle de leur sous-sol, est suffisante, si les cultures sont variées, ces engrais liquides doivent fournir d'abondantes récoltes; mais si ces conditions ne sont pas remplies, il faut compter avec le sel, et redouter pour l'avenir l'influence de son accumulation, malgré les apparences d'inépuisable fertilité qui résulteraient d'abord de l'emploi de ces nouveaux engrais.

OBSERVATIONS

SUR

LES GAZ DÉGAGÉS PAR LES PLANTES MORTES,

Par M. Jos. BOEHM.

(Mémoire soumis à l'Académie des sciences de Vienne,
séance du 5 juillet 1866.)

Il y a quatre ans, en étudiant la nature des gaz qui s'échappent des feuilles vertes de plantes vivantes immergées dans de l'eau chargée d'acide carbonique, je crus découvrir, mélangée à l'oxygène, à l'azote et à l'acide carbonique, une petite quantité d'un gaz combustible qui, après le passage de l'étincelle électrique dans l'eudiomètre et la combinaison à laquelle elle donne lieu, me parut correspondre à l'hydrogène. Peu de temps après, M. Boussingault publiait les résultats de recherches analogues, dans lesquelles il disait avoir trouvé aussi une certaine quantité, faible d'ailleurs, d'un gaz combustible, qu'il considérait comme un mélange d'oxyde de carbone et de gaz de marais, ou hydrogène protocarboné.

Après avoir pris connaissance de toutes les expériences de chimie physiologique qui avaient été faites jusque-là, dans le but de découvrir le procédé d'assimilation chez les végétaux vivants, et en avoir comparé les résultats, j'en vins à douter de leur exactitude et des conclusions qu'on en avait tirées. En conséquence, j'ai repris ces diverses expériences sur une très-grande échelle, et les ai poursuivies sans relâche pendant trois ans. Les mois d'hiver, pendant lesquels la végétation est arrêtée, étaient consacrés à l'étude des gaz que j'avais recueillis pendant l'été.

Mes analyses ont été faites suivant la méthode de Bunsen. Après avoir fait absorber l'acide carbonique par une boule de potasse et l'oxygène par du phosphore et du pyrogallate de po-

tasse, le gaz restant est introduit dans l'eudiomètre avec une certaine quantité d'oxygène, et, s'il n'y a pas d'explosion, j'y ajoute une dose suffisante de gaz détonant électrolytique. Ce gaz détonant, ou gaz de la pile, s'obtient à l'aide de trois ou quatre grands éléments zinc-charbon de l'appareil de Bunsen mis en activité par de l'acide sulfurique chimiquement pur, et délayé dans dix fois son poids d'eau distillée. Suivant Bunsen, on n'a pas à craindre ici la formation de l'hyperoxyde d'hydrogène (eau oxygénée), du moins en quantité assez forte pour nuire à l'exactitude de l'opération.

Après avoir fait plus de cent analyses sans arriver à des résultats identiques, c'est-à-dire tantôt trouvant de l'hydrogène, tantôt n'en trouvant pas dans les différentes portions du même gaz analysées, je soupçonnai que cet hydrogène devait provenir de l'eau oxygénée (hyperoxyde d'hydrogène) produite par le gaz détonant. Afin de vérifier cette conjecture, je remplis l'eudiomètre d'azote pur, et y introduisis du gaz détonant. Or, suivant que le courant de ce dernier était plus ou moins fort, et même suivant que l'acide de la pile était frais ou avait déjà servi depuis plus ou moins de temps, on trouvait dans l'eudiomètre, après l'explosion, une quantité plus grande ou plus faible d'hydrogène mêlé à l'azote. En conséquence, il ne me parut pas invraisemblable que le gaz combustible (hydrogène), qu'on a signalé maintes et maintes fois dans les recherches faites sur la respiration des plantes, pût provenir, au moins en partie, de cette source.

Dans les nombreuses expériences que j'ai entreprises, un des objets que j'ai eus particulièrement en vue a été de reconnaître à quoi tient la différence de nature des gaz exhalés par les mêmes plantes à divers moments consécutifs. Un point déjà acquis dans ces sortes de recherches, c'est que, sous l'influence des rayons directs du soleil, le dégagement du gaz est à son plus haut point d'activité dans les premières heures ; après quoi il se ralentit graduellement et de plus en plus, même si la plante est immergée dans de l'eau fraîchement renouvelée et aiguisée d'acide carbonique ; mais qu'au bout de deux ou trois jours, ce dégage-

ment du gaz recommence avec une activité nouvelle, de telle sorte qu'en fin de compte on recueille plus de gaz que l'eau de la cuve et les plantes n'en pouvaient contenir.

Dans des analyses faites à l'aide d'un gaz détonant irréprochable et fourni par une eau très-faiblement acidulée, les gaz dégagés pendant les premières heures des expériences ont été reconnus pour être de l'acide carbonique, de l'oxygène et de l'azote, totalement purs d'hydrogène et de tout autre gaz combustible, ou n'en contenant que de très-faibles traces. Au contraire, les gaz obtenus en dernier lieu n'étaient plus que de l'acide carbonique et de l'azote en proportions variables, auxquels se mêlait un autre gaz capable de s'unir avec explosion à l'oxygène, et ce gaz n'était point de l'hydrogène protocarboné (gaz des marais), mais de l'hydrogène pur. Des feuilles mises dans de l'eau distillée ont dégagé, au bout de deux ou trois jours, une grande quantité de gaz, qui étaient toujours de l'acide carbonique, de l'azote et de l'hydrogène.

D'autres expériences, dont je ferai connaître plus tard les résultats, m'ont donné la certitude qu'il n'y a point ici décomposition de l'eau par les parties vertes et vivantes des plantes, et qu'il n'y a qu'une seule manière d'expliquer la présence de l'hydrogène dans les analyses relatées plus haut : c'est d'y voir *un produit de la décomposition des parties mortes des plantes*. Afin de ne laisser subsister aucun doute sur ce point, j'ai analysé les gaz extraits tantôt de feuilles desséchées, tantôt de feuilles tuées par une immersion prolongée dans l'eau chaude, et pour ainsi dire cuites. Ces gaz ont été, comme ci-dessus, l'acide carbonique, l'hydrogène et l'azote, et toujours sans trace d'oxygène. J'ajoute cette circonstance que les gaz ici se dégagent dans l'obscurité aussi bien qu'à la lumière, pourvu que la température ne soit pas inférieure à + 10 degrés centigrades ; celle qui favorise le mieux ce dégagement est entre 30 et 40 degrés.

Lorsqu'il me fut bien démontré que le dégagement de l'hydrogène était indépendant de la vie des cellules, je fis de nouvelles expériences en vue de reconnaître les conditions de sa production, entre autres sur les feuilles du Saule commun (*Salix*

fragilis), après que la vie y eût été éteinte par la cuisson. Ces expériences ont été exécutées au moyen de l'appareil représenté dans la planche ci-jointe, figure 1.

A est un large tube ou cloche cylindrique de verre qui se rétrécit à sa partie supérieure, et se termine par une embouchure d'environ 4 millimètres de diamètre. B est une éprouvette d'environ 12 millimètres de diamètre et de 50 centimètres cubes de capacité. A sa partie inférieure, en *b*, elle se rétrécit, puis se termine en b^1 par une embouchure qui correspond à celle du cylindre A, et qui est de même diamètre que cette dernière. Les deux tubes sont maintenus dans la position indiquée par la figure au moyen d'un tube de caoutchouc vulcanisé, un peu épais, solidement attaché à leurs parois, et leurs embouchures sont fixées à une telle distance l'une de l'autre, qu'on puisse facilement intercepter toute communication entre elles en comprimant le tube de caoutchouc au moyen d'une pince de Mohr. Comme je savais que, dans les expériences d'une certaine durée, les meilleurs tubes de caoutchouc ne sont pas tellement imperméables à l'hydrogène, qu'ils n'en laissent échapper par transpiration une quantité assez considérable, j'ai eu soin d'imbiber les mieus de suif fondu dans l'eau bouillante, et pour rendre la perte de gaz tout à fait impossible, j'ai enveloppé les extrémités rapprochées des deux tubesd'un manchon de caoutchouc, solidement attaché à l'extrémité supérieure de la cloche, mais au-dessous du point où leurs embouchures sont rapprochées, puis j'ai rempli d'eau l'intervalle qui séparait le manchon des deux tubes. Il est assez difficile de remplir l'éprouvette B d'eau bouillante, à cause de son rétrécissement en *b*, quand une fois son embouchure a été fixée, comme je l'ai dit ci-dessus, vis-à-vis de celle du tube A ; on obvie à la difficulté en se servant d'une pipette effilée en pointe, et en faisant l'opération avant la mise en place du tube de caoutchouc qui maintient ces deux embouchures à proximité l'une de l'autre. La cloche cylindrique A, une fois assujettie comme il a été dit ci-dessus, est à son tour remplie d'eau bouillante, ce qui se fait en la tenant de la main gauche, après qu'on l'a enveloppée d'une épaisseur d'étoffe suffisante pour mettre la

main à l'abri de la brûlure. On y fait entrer avec une pince des feuilles de Saule qui ont bouilli quelque temps dans l'eau, et qu'on distribue et tasse bien également dans la cloche à l'aide d'une tige métallique appropriée. Quand cette cloche, toujours tenue de la main gauche, est pleine jusqu'au bord, on en ferme l'ouverture avec une rondelle de caoutchouc non vulcanisé, sur laquelle on appuie la paume de la main droite, en ayant soin qu'il n'entre aucune bulle d'air dans l'appareil ; on porte alors le tout sur une cuve à eau, dans la situation indiquée par la figure, en faisant reposer la base de la cloche dans un vase ou récipient D placé au fond de la cuve, et en partie rempli de mercure.

Si l'on voulait faire les expériences en hiver, et qu'on n'eût pas à sa disposition un appartement suffisamment chaud et convenablement disposé, on mettrait l'appareil dans un grand cylindre de verre rempli d'eau tiédie, auquel cas le manchon de caoutchouc C deviendrait inutile et pourrait être supprimé. Au moyen d'un bain de sable chauffé par un bec de gaz, il devient facile de maintenir aussi longtemps qu'on peut en avoir besoin la température de l'eau du cylindre au degré nécessaire. S'il arrivait que l'accumulation des gaz dans la cloche A tendît à la soulever, on s'arrangerait de manière à la maintenir en place, soit par un poids, soit par tout autre moyen qu'on pourrait imaginer.

Quand l'opération est terminée, on fait sortir toute l'eau de l'éprouvette B en y faisant pénétrer le gaz dégagé dans la cloche A, ce qui s'obtient en donnant quelques secousses à l'éprouvette, et en soulevant la cloche avec précaution. Lorsque l'éprouvette est remplie de gaz, on la ferme au point *b* en fondant le verre à la lampe d'émailleur. Dans le cas où le niveau du mercure serait plus haut à l'extérieur de la cloche qu'à son intérieur, il faudrait, pendant la fusion du verre, soulever cette dernière, de manière à mettre sa base un peu au-dessus de la surface du mercure, que nous savons être couvert d'eau. Enfin il peut arriver qu'il se soit développé dans la cloche plus de gaz que n'en peut contenir l'éprouvette. Dans ce cas, après que l'éprouvette a

été fermée à la lampe, on comprime le tube de caoutchouc au moyen d'une pince ou robinet de pression à vis, de manière à intercepter tout passage au gaz ; on enlève le morceau détaché *bb* de l'éprouvette ; on verse de l'eau dans la partie libre du tube de caoutchouc, et l'on y adapte une nouvelle éprouvette remplie d'eau chaude comme la première, pour continuer à recueillir le gaz.

Quand une grande quantité de gaz s'est accumulée dans la cloche, on doit veiller attentivement à ce qu'il n'y entre point d'air par la partie inférieure, et, pour cela, il faut que le récipient D soit toujours plein d'eau. C'est surtout dans la dernière période du recueillement des gaz qu'on est exposé à cet accident, par suite de la montée du mercure et de l'eau dans la cloche, et du changement de volume du gaz échauffé par le jet de flamme auquel on a recours pour fermer l'éprouvette. On diminue considérablement cette montée des liquides dans la cloche, en ayant soin, avant la fusion du col de l'éprouvette, de soulever assez l'appareil pour que le mercure soit au même niveau à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche.

Lorsqu'on s'est quelque peu exercé à ces sortes d'expériences, on sait d'avance à peu près ce qu'on pourra obtenir de gaz d'une quantité déterminée de matières végétales, et aussi quelle devra être la capacité de l'éprouvette destinée à le recueillir. Si le gaz obtenu, dans une opération, ne suffisait pas tout à fait pour remplir l'éprouvette, il faudrait, avant de fermer cette dernière à la lampe, en chasser l'eau qui s'y trouverait, ce qui s'obtient en chauffant légèrement l'éprouvette sur la flamme d'une lampe à alcool. Le gaz dilaté par la chaleur repousse l'eau dans la cloche ; on comprime alors le tube de caoutchouc avec la pince de Mohr pour empêcher l'eau de remonter quand le gaz refroidi se contracte, et l'on achève l'opération.

Considérant comme de simples études préliminaires les expériences que j'ai faites dans les années précédentes, et n'ayant pas l'intention d'en parler ici, me réservant d'ailleurs d'en tirer parti dans une autre occasion, je vais seulement rapporter les analyses que j'ai faites dans le courant de l'été dernier (1865) :

Première expérience. — Le 21 juin 1865, des feuilles fraîches, ayant cuit pendant deux heures dans un vase de fer, ont été introduites dans la cloche A. La capacité de cette cloche est d'environ 560 centimètres cubes. Le 27 juin, il s'était dégagé au soleil environ 320 centimètres cubes de gaz, dont l'analyse a donné :

Acide carbonique	36,3
Hydrogène	63,5
Azote	0,2
	100,0

Deuxième expérience. — Mêmes conditions que dans l'expérience précédente. Capacité de la cloche, 1612 centimètres cubes. Le 27 juin, dans l'obscurité, il s'est dégagé 430 centimètres cubes de gaz. L'analyse a donné :

Acide carbonique	27,9
Hydrogène	70,8
Azote	1,3
	100,0

Troisième expérience. — Le 28 juin, des feuilles fraîches ont été soumises pendant trois heures à l'action de l'eau bouillante. Capacité de la cloche, 1120 centimètres cubes. Le 3 juillet, au soleil, 90 centimètres cubes de gaz ont été dégagés. L'analyse a donné :

Acide carbonique	30,1
Hydrogène	66,5
Azote	3,4
	100,0

Quatrième expérience. — Feuilles comme dans le n° 3. Capacité de la cloche, 780 centimètres cubes. Le 3 juillet, dans l'obscurité, 80 centimètres cubes de gaz ont été dégagés, dont l'analyse fournit :

Acide carbonique	32,4
Hydrogène	64,3
Azote	3.3
	100,0

Cinquième expérience. — Le 4 juillet, feuilles fraîches sou-

mises à l'ébullition pendant quatre heures. Capacité de la cloche, 560 centimètres cubes. Le 8 juillet, au soleil, elle contient 240 centimètres cubes de gaz, dont l'analyse donne :

Acide carbonique	28,3
Hydrogène	70,2
Azote	1,5
	100,0

Sixième expérience. — Feuilles comme dans l'expérience précédente. Capacité de la cloche, 1120 centimètres cubes. Le 8 juillet, il s'est dégagé au soleil 370 centimètres cubes de gaz. L'analyse donne :

Acide carbonique	29,46
Hydrogène	67,37
Azote	3,17
	100,00

Septième expérience. — Feuilles comme dans l'expérience n° 5. Capacité de la cloche, 340 centimètres cubes. Le 8 juillet, à l'ombre, elle contient 340 centimètres cubes de gaz. L'analyse donne :

Acide carbonique	31,6
Hydrogène	66,5
Azote	1,8
	100,0

Huitième expérience. — Feuilles comme dans les numéros précédents. Capacité de la cloche, 780 centimètres cubes. Le 8 juillet, à l'ombre, on y trouve 385 centimètres cubes de gaz, dont l'analyse donne :

Acide carbonique	31,6
Hydrogène	66,6
Azote	1,8
	100,0

Dans toutes ces expériences, la cloche A a reçu autant de feuilles qu'elle en pouvait contenir. Le 10 juillet, une autre expérience a été commencée, qui a consisté à n'introduire que quarante feuilles cuites dans la grande cloche de 1612 centi-

mètres cubes. L'appareil est resté dans l'obscurité jusqu'au 4 octobre, où l'on a analysé les 6 centimètres cubes de gaz qui se trouvaient dans la cloche. Ce gaz était de l'hydrogène pur. On remarquera que dans ces expériences, hormis la dernière, il s'est toujours présenté de l'azote. On dirait que, par la longue ébullition de l'eau dans laquelle les feuilles ont été cuites, l'air atmosphérique en a été complétement éliminé, ainsi que de l'eau elle-même.

Il était rigoureusement possible, quoique très-peu probable, que la faible quantité d'azote trouvée dans ces diverses analyses provînt de l'air atmosphérique, introduit accidentellement dans l'appareil pendant les manipulations. L'absence constante d'oxygène ne prouverait pas contre cette possibilité, attendu, s'il avait été introduit du dehors, qu'il aurait donné lieu, dans l'appareil, à une production d'acide carbonique. Afin de pouvoir remplir de feuilles mon appareil, en écartant absolument l'air extérieur, j'ai fait construire une auge de ferblanc, longue de trois pieds, large et profonde de six pouces. Les feuilles cuites dans cette auge furent accumulées et tassées dans la cloche A, tenue sous l'eau, dans l'auge elle-même, puis la cloche remplie fut redressée et posée sur un récipient contenant du mercure, et placé de même au fond de l'auge. En procédant de cette manière, j'étais sûr qu'aucune bulle d'air n'était entrée dans la cloche. Quoique l'auge où cuisaient les feuilles eût été chauffée par deux fortes flammes de gaz, la température de l'eau n'y a pas dépassé 90 degrés centigrades.

Dans les expériences qui suivent, je me suis servi de feuilles fraîches qui ont cuit, pendant six heures, dans l'auge, le 10 juillet.

Neuvième expérience. — La capacité de la cloche A est de 560 centimètres cubes. Le 26 juillet, 500 centimètres cubes de gaz ont été dégagés au soleil. Ces gaz étaient :

Acide carbonique	36,3
Hydrogène	61,4
Azote	2,3
	100,0

Dixième expérience. — Capacité de la cloche, 620 centimètres cubes. Le 27 juillet, au soleil, l'éprouvette était pleine de gaz. L'analyse a donné :

Acide carbonique	29,8
Hydrogène	68,7
Azote	1,5
	100,0

Onzième expérience. — Capacité de la cloche, 780 centimètres cubes. Le 25 juillet, à l'ombre, 250 centimètres cubes de gaz se sont dégagés. Analyse :

Acide carbonique	33,3
Hydrogène	59,7
Azote	7,0
	100,0

Douzième expérience. — Capacité de la cloche, 690 centimètres cubes. Le 25 juillet, à l'ombre, 300 centimètres cubes de gaz ont été dégagés. L'analyse donne :

Acide carbonique	26,3
Hydrogène	68,2
Azote	5,5
	100,0

Treizième expérience. — Le 27 juillet, les mêmes feuilles qui ont servi dans l'expérience précédente sont remises dans la même cloche avec de l'eau de source ; le 10 août, la cloche contenait 250 centimètres cubes de gaz, qui ont donné à l'analyse :

Acide carbonique	22,6
Hydrogène	65,1
Azote	12,3
	100,0

Toutes ces expériences corroboraient mon opinion sur l'origine de l'azote ; mais comme elles ne me donnaient point encore une certitude absolue, je crus devoir modifier mon procédé de la manière suivante :

Le 12 juillet, des feuilles fraîches, qui avaient été préalablement cuites pendant une heure, furent introduites dans la

cloche A avec de l'eau distillée qui venait elle-même d'être bouillie. L'appareil, avec le récipient de fer D, qui contenait le mercure, fut mis dans un cylindre de ferblanc de vingt pouces de hauteur, d'ailleurs rempli d'eau chaude, qui avait été tenue trois heures en ébullition. Il se développa presque immédiatement quelques bulles de gaz qu'on recueillit dans une petite éprouvette, et que l'analyse fit reconnaître pour de l'*azote pur*. Quand l'eau fut refroidie, l'appareil fut retiré du cylindre de ferblanc, et mis en plein soleil. Il se produisit alors ce qui va suivre :

Quatorzième expérience. — Capacité de la cloche A, 412 centimètres cubes. Le 24 juillet, on y trouva 120 centimètres cubes de gaz, qui donnèrent à l'analyse :

Acide carbonique	27,4
Hydrogène	72,0
Azote	0,6
	100,0

Quinzième expérience. — La capacité de la cloche A est de 385 centimètres cubes. Le 24 juillet, on y trouva 80 centimètres cubes de gaz, dont la composition est :

Acide carbonique	26,5
Hydrogène	72,3
Azote	1,2
	100,0

Seizième expérience — Capacité de la cloche, 300 centimètres cubes. Le 24 juillet, elle contient 50 centimètres cubes de gaz. L'analyse en retire :

Acide carbonique	39,8
Hydrogène	68,4
Azote	1,8
	100,0

Dans cette série d'expériences, le dégagement des gaz a paru s'arrêter au 24 juillet, car trois autres expériences semblables, faites de la même manière et dans les mêmes appareils, exposés

pendant quatre semaines au soleil, n'ont plus donné lieu à la moindre production de gaz.

Mais en même temps que je cherchais à me confirmer dans l'opinion que l'azote trouvé dans les expériences précédentes provenait à la fois de l'eau employée et des feuilles, ces mêmes expériences me prouvaient qu'il fallait recourir à une autre source pour rendre compte de la présence de ce gaz. Ainsi, quoique je n'en pusse tirer encore aucune conclusion certaine, elles étaient du moins un indice très-net du procédé chimique d'après lequel les gaz se développent. Dans les conditions données, la présence de l'azote ne pouvait s'expliquer que par l'une des deux alternatives suivantes :

1° Supposer que la présence de l'oxygène est nécessaire pour que le dégagement des gaz ait lieu.

2° Ou admettre que ce dégagement de gaz est le résultat d'une fermentation, c'est-à-dire l'effet d'un germe organisé et actif.

La première de ces deux hypothèses ne saurait se soutenir devant le fait que, dans les huit premières expériences (voir ci-dessus), les gaz analysés ont été obtenus de feuilles cuites et avec de l'eau bouillie, par conséquent purgée d'air atmosphéribue, et cela est plus évident encore dans les expériences 14, 15 et 16, où l'appareil entier ayant été mis dans de l'eau soumise à une longue ébullition, on n'obtint que quelques bulles d'azote pur. Une contre-épreuve me parut, du reste, avoir encore de l'intérêt. Je voulus savoir si l'addition d'oxygène modifierait en quelque chose le résultat de l'expérience. Dans ce but, deux appareils ayant été mis dans l'auge de fer-blanc remplie d'eau à 85 degrés centigr., on y introduisit des quantités déterminées d'oxygène, et l'on plaça le tout à la lumière du soleil. Les feuilles qui se trouvèrent en contact avec ce gaz devinrent bientôt entièrement blanches. Voici les résultats de ces deux expériences :

Dix-septième expérience. — 28 juillet 1865. Capacité de la cloche A, 560 centimètres cubes. On y introduisit 150 centimètres cubes d'oxygène. Le 20 août, on recueillit 130 centimètres cubes de gaz, composés de :

	44,9
...	52,7
...	2,4
	100,0

... 1864, l'eau de l'appa- ... introduisit 200 centi- ... cloche contenait 150 cen- ... trouva :

...	51,5
...	44,8
...	3,7
	100,0

... d'autre effet que d'augmenter ... relative d'acide carbonique, et ... air.

... par toute cette série d'expériences, ... devait être attribué à une fermenta- ... cher la source de l'azote. La méthode ... ainsi dire d'elle-même : c'était la fer- ... mieux connue de toutes et la plus facile ... être examinée en premier lieu.

... nouvelles expériences, je me suis d'abord ... représenté dans la figure 1. A la place de ... trouvait un bouchon de verre plein. La grande ... A, remplie d'une dissolution chaude de sucre, ... récipient D, rempli lui-même, jusqu'à une ... de moitié de mercure et de moitié d'eau. ... dissolution sucrée fut refroidie, on introduisit dans la ... du tube courbé E, le ferment (levûre de bière) ... délayé dans de l'eau chaude, mais alors refroidie ... centigrades, puis l'appareil entier fut enfermé dans ... de verre de dimension convenable et en partie rem- ... Quand la cloche fut remplie de gaz, on comprima le ... caoutchouc au moyen ... pince de Mohr pour empê- ... gaz de sortir; on enl... bouchon de verre, et la partie ... du caoutchouc ... dessus de la pince, ayant été

remplie d'eau bouillie et encore chaude, on y adapta une nouvelle éprouvette B, non rétrécie en *b*, comme celle qui avait servi jusque-là, et qu'on avait remplie d'une dissolution de potasse pareillement bouillie. Lorsque l'acide carbonique eut été absorbé par la potasse, on trouva encore un résidu de gaz azote pur, dont la quantité variait, suivant les cas, de 1 à 4 pour 100.

Ainsi donc, par le fait de la fermentation alcoolique, aussi bien que par celui du dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène des feuilles, il se produit de l'azote. Comme il n'est pas possible, pour expliquer la présence de cet azote, d'invoquer ici la décomposition d'une substance albuminoïde quelconque, on est forcé, malgré le soin qu'on a pris de faire bouillir les liquides employés, d'en chercher la source dans l'air atmosphérique absorbé par ces liquides. Il est d'ailleurs évident que l'azote obtenu est parfaitement pur, et sans aucun mélange d'oxygène. Si l'on fait l'expérience avec de l'eau de fontaine ordinaire, on trouvera qu'après l'absorption de l'acide carbonique par la potasse, le gaz, mis en liberté par la fermentation, constitue un volume assez considérable d'azote pur.

Une preuve certaine que l'azote dégagé pendant la fermentation vient bien de l'air atmosphérique absorbé par les liquides employés, et ce nonobstant leur ébullition prolongée, est fournie par une expérience que j'ai faite avec l'appareil représenté figure 2.

Un ballon A, muni d'un col allongé, au bout duquel est adapté un tube de caoutchouc B, est empli d'une dissolution de sucre. On fait bouillir cette solution au moins pendant deux heures, et quand l'ébullition est en train, on ajuste au tube de caoutchouc un tube de verre de deux à trois pieds de long, et d'un calibre un peu fort, pour laisser sortir en majeure partie l'eau vaporisée. Avant que l'ébullition soit terminée, on enlève le tube de verre ; on ferme le ballon en comprimant le tube de caoutchouc avec une pince de Mohr, et l'on adapte à la partie libre de ce tube (celle qui est au-dessus de la pince) un tube de verre courbé C, rempli d'un liquide fermentescible, et dont l'embouchure *c* est mise en communication avec une certaine quan-

tité du même liquide plus concentré, dont la fermentation est déjà commencée depuis quelque temps. Ce liquide n'est autre chose qu'une solution concentrée de sucre préalablement bouillie, puis fortement chargée de levûre lorsque sa chaleur est descendue à 30 degrés Par le fait de la fermentation déjà commencée, cette solution est purgée d'air atmosphérique. Quand la solution sucrée du ballon A est refroidie, on enlève la pince, et le ballon se remplit immédiatement du liquide fermentescible. En même temps on assujettit à l'embouchure *c* du tube courbé C, qui traverse le bain de mercure, une éprouvette F remplie d'une solution concentrée de potasse. La jonction de l'éprouvette avec le tube C se fait au moyen d'un tube de caoutchouc comme dans les cas précédents, et cela pour pouvoir aisément transvaser son contenu dans l'eudiomètre ou d'autres récipients. Pendant les premiers moments de la fermentation, on voit que, de chaque bulle de gaz qui se développe, une petite partie traverse la solution de potasse sans y être absorbée, et va s'accumuler au sommet de l'éprouvette ; mais un peu plus tard, tout le gaz dégagé est de l'acide carbonique pur. L'analyse démontre que la petite quantité de gaz que la potasse n'a pas fait disparaître est de l'azote pur. Cette méthode peut servir pour déterminer la quantité d'azote absorbée par l'eau, sinon d'une manière absolue, du moins avec bien plus d'exactitude qu'on ne le ferait par la simple ébullition.

Si j'ai traité avec quelque détail la question relative à l'origine de l'azote dans mes premières expériences et dans celles où j'ai fait intervenir la fermentation, c'est parce que certaines personnes ont soutenu et soutiennent encore que ce gaz, lorsqu'on l'a trouvé dans les recherches qui ont eu pour but d'étudier les produits de la respiration des plantes, dérive, au moins en partie, de la décomposition des substances azotées que les plantes contiennent. Mais à présent que nous savons, par les expériences que j'ai citées sur les feuilles de Saule, que tout développement de gaz est ici connexe de la fermentation, une nouvelle question se présente : celle de savoir quelles substances subissent la décomposition qui donne naissance à ces différents gaz.

Afin de m'orienter, j'ai soumis à l'analyse des feuilles fraîches empruntées à d'autres plantes ; c'étaient des feuilles d'Iris des marais, de Hêtre, de Gingko et de Mélèze, en dirigeant mes recherches dans le sens que je viens d'indiquer. Parmi les gaz obtenus de ces feuilles, il s'est toujours présenté de l'hydrogène. Les expériences ont été faites du 2 au 28 août, à la lumière du soleil, et j'y ai employé diverses cloches, dont la capacité a varié de 280 à 305 centimètres cubes. Voici ces expériences :

Dix-neuvième expérience. — Iris des marais :

Acide carbonique	32,4
Hydrogène	46,9
Azote	20,7
	100,0

Vingtième expérience. — Gingko :

Acide carbonique	37,9
Hydrogène	50,1
Azote	12,0
	100,0

Vingt et unième expérience. — Hêtre :

Acide carbonique	42,5
Hydrogène	45,2
Azote	12,3
	100,0

Vingt-deuxième expérience. — Mélèze :

Acide carbonique	30,5
Hydrogène	35,0
Azote	34,5
	100,0

Les feuilles jaunies et tombées en automne n'ont point dégagé de gaz. A l'état cru, c'est-à-dire n'ayant point été bouillies, elles n'ont donné que quelques bulles d'azote.

Une autre question qui se présentait à examiner était celle-ci : savoir si le dégagement de l'hydrogène était limité aux feuilles vertes des plantes, ou s'il s'étendait à d'autres organes. Des

expériences commencées le 19 août et terminées le 6 septembre, toutes faites avec le concours de la lumière solaire, m'ont donné les résultats suivants :

Vingt-troisième expérience. — Chêne, fruits pilés. La capacité de la cloche cylindrique A est de 250 centimètres cubes. Eau de fontaine employée. Il y eut 80 centimètres cubes. L'analyse donne :

Acide carbonique	33,92
Hydrogène	59,90
Azote	6,18
	100,00

Vingt-quatrième expérience. — Marronnier, fruits écrasés. Capacité de la cloche, 210 centimètres cubes. Eau de fontaine. 77 centimètres cubes de gaz dégagés. L'analyse donne :

Acide carbonique	46,79
Hydrogène	48,20
Azote	5,01
	100,00

Vingt-cinquième expérience. — Pulpe de Pomme de terre crue. Capacité de la cloche, 204 centimètres cubes. Eau de fontaine. 140 centimètres cubes de gaz développés, dont l'analyse est faite avec le concours du docteur E. Ludwig, professeur de chimie ; elle donne :

Acide carbonique	32,9
Hydrogène	60,4
Azote	6,7
	100,0

Vingt-sixième expérience. — Pulpe de Pomme de terre crue. Capacité de la cloche, 520 centimètres cubes. Eau de fontaine. 170 centimètres cubes de gaz dégagés. L'analyse donne :

Acide carbonique	34,1
Hydrogène	56,7
Azote	9,2
	100,0

Vingt-septième expérience. — Pulpe de Pomme de terre

cuite dans de l'eau distillée et préalablement bouillie. Capacité de la cloche, 520 centimètres cubes. Il y eut 215 centimètres cubes de gaz dégagés, dont l'analyse a donné :

Acide carbonique	30,5
Hydrogène	64,1
Azote	5,4
	100,0

Vingt-huitième expérience. — Farine de Froment. Capacité de la cloche, 120 centimètres cubes. Expérience faite au soleil ; eau de source. On obtient 22 centimètres cubes de gaz (1), dont l'analyse donne :

Acide carbonique	6,7
Hydrogène	73,4
Azote	19,9
	100,0

Vingt-neuvième expérience. — Pulpe de Pêche. Eau distillée et bouillie, employée chaude. Capacité de la cloche, 310 centimètres cubes. Gaz dégagé, 85 centimètres cubes. Sa composition est :

Acide carbonique	58,2
Hydrogène	35,6
Azote	6,2
	100,0

Les Navets jaunes et blancs, les racines d'*Armoracia* et de Radis, ainsi que les bulbes d'Oignon, développèrent plus ou moins de gaz dans des temps variables, gaz que l'analyse a fait reconnaître pour de l'acide carbonique mêlé d'un peu d'azote. Le même résultat fut obtenu des Poires et des Melons sucrins. La pulpe cuite de ces mêmes fruits dégagea cependant un gaz qu'on reconnut pour être en majeure partie de l'hydrogène.

Le 12 septembre, de la pulpe de Melon sucrin fut soumise à la cuisson, de midi et demi à cinq heures du soir, d'après le procédé

(1) La fécule de Pomme de terre bien lavée a donné de même des gaz qui ont été reconnus pour être de l'acide carbonique, de l'hydrogène et de l'azote.

indiqué aux expériences 14, 15 et 16; il ne s'en dégagea que peu de gaz. Après l'occlusion de l'éprouvette B (à la lampe d'émailleur), les appareils restèrent dans le même état jusqu'au lendemain (13 septembre), et furent alors passés de nouveau à l'eau chaude pendant trois heures consécutives, sans qu'il s'y développât la moindre bulle de gaz ; on les porta au soleil, et ce ne fut que six jours plus tard, le 19 septembre, que les gaz commencèrent à se dégager.

Trentième expérience. — Capacité de la cloche, 350 centimètres cubes. Le 4 octobre, on y trouve 120 centimètres cubes de gaz, dont l'analyse fournit :

Acide carbonique	54,9
Hydrogène	44,5
Azote	0,6
	100,0

Trente et unième expérience. — Capacité de la cloche, 350 centimètres cubes. Le 4 octobre, 90 centimètres cubes de gaz dégagés. Analyse :

Acide carbonique	51,4
Hydrogène	47,4
Azote	1,2
	100,0

Ces résultats donnent à croire que l'hydrogène provient directement du sucre de Raisin.

Par l'emploi de la liqueur de Fehling, on reconnut que le sucre de Raisin avait entièrement disparu des substances analysées, ou que la quantité en était considérablement diminuée. Il devenait donc important d'analyser le sucre de Raisin lui-même au point de vue qui faisait l'objet de mes recherches. En conséquence, des solutions de ce sucre, à divers degrés de concentration, furent mises dans la cloche A. Ce fut, dans la plupart des cas, le deuxième ou le troisième jour que se manifesta le dégagement du gaz, en commençant par les solutions les moins chargées. Dans les solutions très-concentrées, il n'y eut aucun dégagement. On n'a observé d'ailleurs aucun rapport de proportion

entre le degré de la concentration et la quantité de gaz dégagée. Les dissolutions de sucre de Canne n'ont donné non plus aucun gaz.

Trente-deuxième expérience. — Solution de sucre de Raisin cru. Capacité de la cloche, 305 centimètres cubes. Gaz développé, 80 centimètres cubes. Analyse :

Acide carbonique	9,9
Hydrogène	74,6
Azote	15,5
	100,0

Trente-troisième expérience. — Solution de sucre de Raisin cru. Capacité de la cloche, 160 centimètres cubes. Il y eut 52 centimètres cubes de gaz, qui donnèrent à l'analyse :

Acide carbonique	20,3
Hydrogène	71,4
Azote	8,3
	100,0

Trente-quatrième expérience. — Solution crue. Capacité de la cloche, 190 centimètres cubes. Gaz développé, 65 centimètres cubes. L'analyse a été faite par le docteur Ludwig :

Acide carbonique	12,8
Hydrogène	77,7
Azote	9,5
	100,0

Trente-cinquième expérience. — La solution a été cuite et versée bouillante dans la cloche A, dont la capacité est de 290 centimètres cubes. Il y eut 60 centimètres cubes de gaz développé. Analyse :

Acide carbonique	26,5
Hydrogène	70,1
Azote	3,4
	100,0

Trente-sixième expérience. — La solution est versée bouil-

lante dans la cloche, dont elle remplit 180 centimètres cubes. 35 centimètres cubes de gaz dégagés donnent à l'analyse :

Acide carbonique........................	18,6
Hydrogène.............................	79,7
Azote.................................	1,7
	100,0

Après l'extraction du gaz, la quantité du sucre de Raisin ne paraissait pas diminuée. La solution fut alors mise dans de nouveaux appareils, mais il ne se forma plus de gaz.

Jusqu'à présent on ne connaît qu'une seule fermentation qui soit liée à un dégagement d'hydrogène, c'est la fermentation butyrique acide du sucre, dont la formule est représentée par :



$$C_6H_{12}O_6 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 4H.$$

Le fait que, dans toutes les analyses précitées, la quantité d'acide carbonique obtenue a toujours été beaucoup plus faible que celle de l'hydrogène, ce fait, dis-je, ne contredit pas que la présence de l'hydrogène ne soit la conséquence de la fermentation butyrique.

Après beaucoup de tentatives inutiles pour déterminer les quantités relatives d'acide carbonique et d'hydrogène dégagés de feuilles en fermentation, il me parut que j'y arriverais facilement à l'aide de l'appareil représenté figure 3. Le ballon A, dont la capacité est de 3 à 4 litres, est rempli d'eau distillée préalablement bouillie ; on le tient immergé dans un bain d'eau bouillante, et l'on introduit dans son intérieur des feuilles arrivées à tout leur développement, et qui ont elles-mêmes été cuites. Ceci fait, le tube C, rétréci à son extrémité supérieure, est adapté et attaché au col du ballon à l'aide d'un manchon ou large tube de caoutchouc imbibé d'huile ; l'appareil est de même mis en communication, au moyen d'un nouveau tube de caoutchouc graissé E, avec le tube D, pareillement rempli d'eau bouillante. L'extrémité courbée de ce dernier traverse le mercure du récipient F, et va déboucher dans l'éprouvette G remplie de mercure. L'opération doit se faire dans un appartement dont la

température se maintient assez uniforme entre 25 et 30 degrés centigrades. Dans les premières phases de la fermentation, c'est naturellement de l'eau qui est chassée du ballon; mais, au bout de deux ou trois jours, on voit le gaz traverser les tubes et se rendre dans l'éprouvette. La moyenne de trois analyses (1), conduites de la manière que je viens d'indiquer, a donné le résultat suivant :

Acide carbonique	49,2
Hydrogène	49,4
Azote	1,4
	100,0

Une fois le dégagement de gaz achevé, le liquide devient énergiquement acide. Si on le filtre, qu'on le traite par la potasse, et qu'on décompose le produit de cette combinaison par l'acide sulfurique, on sent aussitôt se développer l'odeur bien connue de l'acide butyrique ; et si, avant d'employer l'acide sulfurique, on le traite par l'alcool, il s'en dégage une odeur d'éther butyrique des plus prononcées.

Le ferment qui détermine la fermentation butyrique acide est, comme l'a montré le premier M. Pasteur (2), un Infusoire (?) d'une excessive ténuité (de 1 à 2 millièmes de millimètre en diamètre), qui se multiplie par division. Les individus isolés font tous les mouvements imaginables de flexion et de locomotion. Ceux qui se réunissent en des sortes de filaments ou de séries, longues, la plupart, de 1/100e de millimètre, marchent presque toujours en ligne droite.

Quand la fermentation est achevée, tous ces Vibrions sont morts, et, semblables alors à des spores excessivement ténues de Champignons ou de moisissures, on les voit animés de ce

(1) Ces trois analyses ont été choisies parmi un grand nombre d'autres, dans lesquelles les quantités relatives d'acide carbonique et d'hydrogène se montraient dans de tout autres proportions. Je reviendrai dans une autre occasion sur ce point. Ce qui a déjà été expliqué plus haut rend presque inutile de répéter qùe, lorsque les appareils et leur contenu ont été longtemps soumis à l'action de l'eau bouillante, tout développement de gaz cesse.

(2) *Comptes rendus*, 1862, t. LII, p. 344, et 1864, t. LVIII, p. 150.

mouvement particulier qu'on a nommé mouvement moléculaire. Lorsque la fermentation s'est faite dans un ballon, on les trouve sous forme de dépôt jaunâtre au fond du récipient, et ressemblant à de la levûre.

Des recherches répétées et faites avec tout le soin possible aux diverses phases de la fermentation ne m'ont jamais fait découvrir qu'une seule espèce de ferment. Ceci semblerait démontrer que la fermentation butyrique n'a pas nécessairement pour condition d'être précédée par la fermentation lactique, à moins que cette dernière ne soit amenée par les mêmes éléments organiques que l'autre.

Les recherches de MM. Regnault et Reiset (1), de Pettenkofer et de Voit (2), ont mis hors de contestation que, parmi les gaz expirés par les animaux, la quantité de l'hydrogène n'est pas sans importance. Planer (3) a fait voir de son côté que les gaz des intestins consistaient principalement en acide carbonique et en hydrogène. A l'état normal, les volumes de ces deux gaz sont dans le rapport de 1 à 1; dans d'autres circonstances, cette proportion varie, et elle peut être de 2 à 1. Planer n'a jamais trouvé d'acide butyrique dans les matières fermentées que contient l'intestin.

D'après Pettenkofer et Voit, l'acide carbonique expiré par des Chiens qui avaient été nourris pendant trois jours de sucre de Raisin donne près de 50 pour 100 d'oxygène de plus que ces animaux n'ont pu en prendre dans l'air atmosphérique inspiré. Dans les produits de la respiration d'un Chien nourri avec 500 grammes de viande et 200 grammes d'amidon, on a trouvé de $4^{gr},3$ à $7^{gr},2$ d'hydrogène et de $3^{gr},7$ à $6^{gr},3$ d'hydrogène protocarboné. Pettenkofer et Voit ont conclu de cette quantité d'hydrogène exhalé que ce gaz ne pouvait être le produit de la

(1) Regnault et Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des animaux* (*Annales de phys. et de chimie,* 1849, t. XXVII, p. 32)

(2) Pettenkofer und Voit, *Untersuchungen über die Respiration* (*Ann. der Chemie und Pharm.,* 1862 und 1863).

(3) Planer, *Sitzungsbericht der Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien,* 1860, Bd. XLII, p. 307.

fermentation butyrique. Pour moi, je regarde la question comme n'étant point encore résolue, et je crois, jusqu'à preuve absolue du contraire, que la fermentation butyrique peut être admise comme la source, au moins probable, de l'hydrogène dégagé par les organismes animaux.

Dans ses intéressantes analyses des eaux minérales de Brückenau, si riches en substances organiques, le professeur Scherer (1) a trouvé les membres inférieurs de la série des acides gras, et il a émis, au sujet de l'acide butyrique, une opinion tout à fait conforme aux conclusions des expériences que j'ai rapportées ci-dessus. S'il n'a point trouvé d'hydrogène dans les gaz absorbés par l'eau, cela peut s'expliquer, soit par la diffusion, soit par l'existence dans ces eaux d'oxydes métalliques ou d'autres matières analogues, à la réduction desquelles est employé l'hydrogène à l'état naissant.

(1) *Liebig's Annalen*, 1870, Band XCIX, p. 257.

DES

VAISSEAUX PROPRES ET DU TANNIN

DANS LES MUSACÉES

Par M. A. TRÉCUL.

J. J. P. Moldenhawer (*Beiträge*, Kiel, 1812) a dit que le Bananier possède un suc propre légèrement blanc, qui rougit à mesure que la plante avance en âge, ou pendant la macération dans l'eau; que les vaisseaux qui contiennent ce suc sont composés de cellules oblongues superposées, dont les cloisons de séparation, percées au milieu, forment un bord annulaire membraneux autour de l'ouverture. Il a vu, en outre, que ces vaisseaux propres sont irrégulièrement distribués autour des faisceaux fibro-vasculaires.

M. C. H. Schultz disait en 1823 (*Die Natur der lebendigen Pflanze*, t. I, p. 516) que Moldenhawer a décrit les vaisseaux du latex du *Musa paradisiaca* comme des tubes articulés, parce qu'il les a examinés seulement à l'état achevé dans des parties vieilles de la plante.

Meyen (*Phytotomie*, 1830) admettait dans le *Musa* et le *Strelitzia* un système de vaisseaux du latex limités par une membrane très-fine et formant des tubes cylindriques ramifiés et anastomosés en réseau, comme ceux qu'il croyait exister dans toute l'étendue de tous les végétaux lactescents.

M. Unger (*Anat. und Physiol.*, 1855, p. 159) rapporte les laticifères du *Musa* à sa troisième forme, qui apparaît comme des utricules très-allongées, cylindriques, çà et là gonflées et médiocrement ramifiées, dont les extrémités se terminent en pointe immesurable, ou s'unissent les unes aux autres et se fusionnent.

M. H. Karsten signala en 1857 (*Bot. Zeit.*) la présence du

tannin dans des séries en forme de tonneau, à l'intérieur du fruit du *Musa sapientum* avant la maturité. Il a observé aussi la même substance dans des séries semblables de cellules des feuilles, et près d'elles il existait des fibres nées de la réunion de telles séries de cellules. — Rien dans les feuilles ne me rappelle ces dernières fibres. De plus, M. Karsten, qui trouve que ces séries de cellules ont de la ressemblance avec les laticifères, ne s'est pas aperçu qu'elles constituent réellement les vaisseaux propres anciennement décrits.

En 1865 (*Comptes rendus*, t. LX, p. 228), j'ai indiqué l'identité de ces séries de cellules tannifères avec les vaisseaux du latex observés par M. Moldenhawer, dont j'avais déjà confirmé l'observation sur la structure de ces organes en 1857 (*Ann. sc. nat.*, 4e série, t. VII, p. 301).

Je désire aujourd'hui communiquer à l'Académie des observations plus étendues sur ce sujet, et qui tirent leur intérêt principal de la distribution de ces vaisseaux étudiée plus attentivement, et de leur constitution dans quelques plantes de cette famille peu connues sous ce rapport.

Le fruit étant la partie où ces vaisseaux propres sont disposés avec le plus de régularité et de symétrie, c'est par lui que je commencerai ma description.

M. Karsten se borne à dire que les séries de cellules à tannin sont réparties concentriquement dans la chair du fruit. La vérité est qu'à première vue, sous un fort grossissement, elles semblent éparses et sans ordre; mais quand on les étudie sous de faibles objectifs, ou même à l'aide de la loupe, on reconnaît une certaine régularité dans leur disposition. Observées sur des coupes transversales d'une jeune banane de *Musa sinensis*, qui ne contient pas encore d'amidon, et que l'on a fait macérer dans une solution de sulfate de fer, on les remarque sous la forme de points noirs espacés dans des taches blanches, à quelque distance et autour d'un autre point plus ou moins central, dû à la présence d'un ou de quelques vaisseaux spiraux. Un grossissement un peu plus fort fait reconnaître que ces taches blanches sont constituées par un faisceau fibro-vasculaire et

par du parenchyme environnant, dans lequel sont distribués les vaisseaux propres. L'ensemble des ta hes blanches ainsi composées est environné par une sorte de réseau formé par le reste du parenchyme moins serré que celui des taches, et rendu sombre par l'interposition d'une quantité de gaz plus grande que celle qui existe entre les cellules de ces taches blanches.

Tous les faisceaux contenus dans ces taches n'ont pas la même composition, et il en est de même sous ce rapport dans la tige ou pédoncule commun et dans le pétiole. Les faisceaux sont ordinairement d'autant plus petits qu'ils sont plus périphériques; et ces derniers, les plus petits, ne sont formés que d'un groupe de cellules allongées, fibreuses, non épaissies, sans vaisseaux spiraux. Les faisceaux un peu plus internes et un peu plus volumineux ont un seul vaisseau spiral étroit, ou deux sur leur côté interne. Ce vaisseau augmente de diamètre dans les faisceaux plus éloignés de la circonférence; et dans les faisceaux les plus volumineux il y a, outre le gros vaisseau, quelques trachées beaucoup plus grêles sur le côté externe de celui-ci, c'est-à-dire entre lui et le groupe dit du tissu cribreux. Assez souvent aussi il en existe un ou quelques-uns, grêles également, sur le côté opposé ou antilibérien du gros vaisseau. Ils sont quelquefois annelés.

C'est autour des faisceaux ainsi composés que sont répartis les laticifères. Ils sont en nombre variable suivant la dimension des faisceaux. Les plus petits de ces derniers sont même fréquemment privés de vaisseaux propres, et ceux qui sont un peu plus gros, mais encore dépourvus de trachées, peuvent avoir un seul laticifère, qui est situé près de leur face interne. Des faisceaux plus volumineux sont accompagnés de deux, de trois ou d'un plus grand nombre de ces laticifères. S'il y en a deux, l'un est sur la face interne et l'autre sur l'un des côtés. S'il y en a trois, un d'eux est sur la face interne et deux sont latéraux, un de chaque côté. S'il y en a quatre, le quatrième est sur la face externe ou libérienne du faisceau. Autour des faisceaux fibro-vasculaires plus considérables encore, on peut observer

cinq ou six vaisseaux propres, et même assez souvent sept. Le plus grand nombre des laticifères se trouve autour des faisceaux de la région la plus interne du péricarpe.

Dans un très-jeune fruit avorté du *Musa Ensete*, qui commençait à jaunir, et qui malgré cela était très-riche en tannin, les vaisseaux propres avaient la même répartition que dans le fruit précédent, mais il y en avait jusqu'à neuf, dix, onze et douze autour des faisceaux les plus internes, et à l'entour de quelques-uns des faisceaux des cloisons de l'ovaire, ou de ceux des placentas, il existait jusqu'à quinze vaisseaux propres.

Tous les laticifères dont il vient d'être question sont verticaux comme les faisceaux qu'ils accompagnent ; mais près de la face interne du péricarpe il en est d'autres, en assez grand nombre, qui sont étendus horizontalement et parallèlement à cette face interne, comme les faisceaux qu'ils suivent latéralement, ou bien ils décrivent des sinuosités assez souvent considérables, quand les faisceaux qu'ils accompagnent sont sinueux. Ces faisceaux horizontaux ou leurs ramifications, ainsi que des branches des verticaux, et leurs laticifères, se prolongent dans les cloisons qui séparent les loges de l'ovaire, où ils sont en communication avec ceux qui s'y étendent horizontalement aussi, et qui vont aux placentas. Ces mêmes cloisons ont également des faisceaux verticaux accompagnés de même de vaisseaux propres tannifères.

Outre ces vaisseaux propres, dirigés, soit verticalement, soit horizontalement, on observe encore sur les coupes transversales de la région interne du péricarpe des anneaux complets fort singuliers de cellules à tannin. Ces anneaux, qui ont de $0^{mm},20$ à $0^{mm},40$ de diamètre, entourent le plus souvent un faisceau vasculaire qui semble en occuper le centre, mais qui présente fréquemment des aspects variés que je ne puis décrire ici. On est tenté de croire, à première vue, que l'on a sous les yeux un faisceau entouré d'une gaîne complète de cellules à tannin. Il n'en est rien toutefois, car dans quelques anneaux il n'existe que des cellules parenchymateuses, et dans d'autres on a un

groupe de vaisseaux spiraux faisant un coude. Il me paraît que ces anneaux de cellules tannifères sont dus à une disposition particulière des vaisseaux propres autour de certains contournements des faisceaux vasculaires qu'ils accompagnent. Ces anneaux sont parfois reliés latéralement avec les vaisseaux du latex des faisceaux horizontaux. Dans un de ces cas, j'avais sous les yeux un tel anneau de cellules à tannin relié à un faisceau voisin, et cet anneau était de plus entouré complétement par un faisceau circulaire horizontal, qui lui-même était en partie circonscrit par un second anneau, incomplet cette fois, de cellules tannifères. Cette dernière disposition semblait surtout prouver que l'on avait affaire à un contournement spécial de quelques-uns des faisceaux.

Dans les deux jeunes fruits mentionnés ici, on reconnaissait toujours la limite des cellules constituantes des vaisseaux propres au point de superposition. Ces cellules, dans le très-jeune fruit du *Musa Ensete*, étaient le plus souvent globuleuses, et même quelquefois déprimées suivant leur axe; moins souvent elles étaient elliptiques, et leur longueur égalait alors deux fois leur largeur. Dans le jeune fruit plus âgé du *Musa sinensis*, elles étaient plus longues, et leur paroi de séparation était déjà très-fréquemment perforée. On y voyait les globules passer d'une cellule dans une autre. Ces cellules avaient des longueurs très-diverses dans différents vaisseaux : dans les uns, elles n'avaient que $0^{mm},18$ à $0^{mm},20$ de longueur sur $0^{mm},10$ de largeur; dans d'autres, elles atteignaient de $0^{mm},30$ à $0^{mm},40$ de longueur sur $0^{mm},16$ à $0^{mm},20$ de largeur; ailleurs ces cellules avaient de $0^{mm},45$ à $0^{mm},50$ de longueur sur $0^{mm},14$ de largeur. Les cellules du parenchyme voisin, beaucoup plus petites, n'avaient que $0^{mm},09$ sur $0^{mm},10$ ou $0^{mm},12$ sur $0^{mm},12$, et ne contenaient encore aucune substance granuleuse.

Le suc qui sortait des coupes transversales de ce jeune fruit était un peu laiteux. Examiné sous le microscope, celui des laticifères internes était incolore, tandis que celui des vaisseaux propres externes était déjà orangé, et ses globules étaient souvent réunis en masses. Les globules de ce suc avaient de

$0^{mm},005$ à $0^{mm},03$; mais dans les autres parties de la plante ils ont jusqu'à $0^{mm},05$ de diamètre. Dans le jeune fruit du *Musa Ensete*, ils avaient jusqu'à $0^{mm},055$.

MM. Schultz et Karsten regardent ces globules comme des vésicules; M. Unger y a distingué une sorte de membrane. M. Mohl nie leur nature vésiculaire. Il m'est arrivé maintes fois de trouver de ces globules, soit normaux, soit après l'action des dissolvants, en partie vides de la substance dense qui en fait la masse principale. Après une macération très prolongée dans l'alcool, dans la potasse ou dans l'ammoniaque, ils ont souvent paru intacts, mais souvent aussi ils étaient comme plissés, flasques; leur surface était ondulée comme si une membrane limitante avait perdu une partie de son contenu. Si dans ce cas particulier, et dans quelques autres plantes rares, les globules du latex ont un aspect vésiculaire, je suis convaincu que, dans la plupart des latex, ils sont tout à fait liquides. Il est vrai qu'ils peuvent devenir tout à fait solides dans les rameaux des *Clusia* (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 540). Ces globules des *Musa* sont entièrement dissous dans l'éther par un contact prolongé, ce qu'avaient déjà reconnu MM. Mohl et Unger. Tout cela prouve que les corps gras, s'ils en contiennent, doivent entrer pour une bien faible part dans leur constitution. Le caoutchouc, si telle est la substance soluble dans l'éther, insoluble dans l'alcool, dans la potasse et dans l'ammoniaque, en serait le principe immédiat principal.

J'ai eu l'occasion d'observer le développement de ces globules dans quelques cellules de laticifères du pétiole du *Musa coccinea*. Ils commençaient avec l'apparence de petits corps déprimés appliqués sur la paroi interne des cellules. Ces corps, convexes du côté libre et d'abord très-surbaissés, s'élevaient graduellement; puis, quand ils avaient acquis une certaine dimension, ils se détachaient peu à peu de la paroi sous la forme de globules. La substance de ces globules en voie de formation renfermait une certaine quantité de tannin, car elle prenait une teinte bleue violacée sous l'influence du sulfate de fer, bien que les globules parfaits, dans d'autres vaisseaux propres du voisi-

nage, restassent incolores au milieu du liquide ambiant, qui devenait d'un très-beau bleu par l'action des réactifs.

Les vaisseaux propres de la tige ou du pédoncule commun sont disposés aussi autour des faisceaux fibro-vasculaires, mais ils y sont répartis avec beaucoup moins de régularité que dans le fruit. Leur distribution ayant beaucoup d'analogie avec celle qui existe dans le pétiole, je ne m'y arrêterai pas ici faute d'espace.

Comme dans la tige fructifère et dans le fruit, les faisceaux périphériques du pétiole sont les plus ténus. Dans la tige j'ai trouvé ces faisceaux les plus externes séparés de l'épiderme par une ou deux rangées de cellules; dans le pétiole, au contraire, ils sont au contact même de l'épiderme, et consistent chacun en un petit groupe de cellules fibreuses à parois épaisses, qui ont souvent à leur surface une ou deux séries longitudinales de cellules à tannin (*Musa rosacea*, *zebrina*, etc.). Les faisceaux, un peu plus éloignés de la périphérie du pétiole, ont, sur le côté interne, des vaisseaux spiraux grêles, dont un devient graduellement plus large dans des faisceaux de plus en plus distants de la surface. Les plus gros faisceaux sont partagés longitudinalement en deux parties (l'une libérienne, l'autre fibro-vasculaire) qui, sur la coupe transversale, semblent unies par un col étroit dû à l'interposition du parenchyme entre ces deux parties, de manière à y produire une sorte d'étranglement sous le tissu dit *cribreux*. Le groupe libérien est composé d'un arc de fibres du liber qui embrasse plus ou moins le tissu cribreux, formé lui-même de deux sortes de cellules : les unes relativement larges, répandues entre les autres qui sont beaucoup plus étroites. Le groupe vasculaire consiste en un gros vaisseau spiral qui atteint jusqu'à $0^{mm},20$ et $0^{mm},25$ de diamètre. Il a sur sa face externe, tournée du côté du liber, quelques vaisseaux spiraux grêles, et, sur la face opposée ou interne, des vaisseaux grêles également, qui souvent sont annelés. Un groupe ou arc de cellules fibreuses, plus ou moins considérable, embrasse le faisceau sur ce même côté interne.

Ainsi que je l'ai dit, les vaisseaux propres sont distribués

autour de ces faisceaux moins régulièrement qu'autour des plus gros faisceaux du fruit. Pourtant, dans quelques espèces ou variétés, on les trouve symétriquement disposés à l'entour de bon nombre de faisceaux. Dans le *Musa vittata*, etc., par exemple, j'en ai assez souvent observé six autour d'un même faisceau. Quand il y en a six, l'un d'eux est ordinairement au dos du liber, et un autre de chaque côté du groupe libérien; un quatrième est à la face interne du groupe vasculaire, et les deux autres sur les côtés de celui-ci. Telle est la disposition que j'appellerai *typique*. Mais il est rare que les six laticifères existent en même temps. On n'en trouve fréquemment que cinq, quatre, trois, deux, ou seulement un; mais ceux qui existent occupent une des six positions indiquées. Quelquefois, cependant, les deux *latéraux* du groupe vasculaire s'écartent de la position normale et sont alors opposés au col étroit qui sépare la partie libérienne de la partie vasculaire.

Ces vaisseaux propres ne sont que rarement au contact même des éléments du faisceau; ils en sont le plus souvent séparés par une ou deux rangées de cellules parenchymateuses.

Le *Musa zebrina* m'a offert quelques exemples fort singuliers de vaisseaux propres à suc incolore, qui ne bleuissait pas sous l'influence du sel de fer. Et pourtant j'avais bien affaire à de vrais laticifères, car ce suc contenait les globules caractéristiques de ce latex.

Dans ces faisceaux des *Musa* les laticifères ne sont pas les seuls organes susceptibles de renfermer du tannin. On en trouve assez souvent dans quelques-uns des éléments du tissu cribreux, et fréquemment aussi dans quelques-uns des vaisseaux spiraux (*Musa vittata*, *dacca*, etc.). Les plus volumineux de ces derniers peuvent contenir un suc finement granuleux, un peu rosé ou faiblement rougeâtre. Ce suc coloré des vaisseaux spiraux n'est point dû à l'épanchement de celui des vaisseaux propres après la section; car le latex de ces derniers avait une teinte différente : tantôt il était rouge-brique, ou orangé beaucoup plus foncé (*Musa sinensis*), tantôt il était presque incolore, tandis que le suc des vaisseaux spiraux voisins était rougeâtre (*Musa*

vittata) (1). La couleur rougeâtre du contenu des vaisseaux spiraux devenait aussi plus intense au contact de l'eau ordinaire, comme Moldenhawer et M. Schultz l'avaient déjà observé pour le contenu des laticifères du *Musa paradisiaca*. En outre, ce suc des vaisseaux spiraux prenait une belle teinte indigo à reflet violacé sous l'influence de la solution de sulfate de fer (*Musa sinensis*, *vittata*, *dacca*). Je dois faire remarquer aussi que je n'ai jamais aperçu dans ce suc des vaisseaux spiraux de gros globules comme ceux que renferment les laticifères. Quelques-uns de ces gros vaisseaux spiraux, quoique dépourvus du suc que je viens de mentionner, bleuissaient, mais alors leur membrane seule était colorée. Les vaisseaux spiraux plus petits des faisceaux périphériques peuvent également se colorer en bleu, sous l'influence du même réactif. J'ai quelquefois vu aussi, avec une teinte très-légèrement rougeâtre, les vaisseaux spiraux des faisceaux grêles qui serpentent horizontalement dans le parenchyme, et qui aboutissent aux petits vaisseaux antérieurs sous-libériens des gros faisceaux verticaux. Ces faisceaux horizontaux ne vont pas d'un faisceau vertical au faisceau semblable le plus rapproché; ils passent ordinairement par-dessus un tel faisceau ou deux, en arrière du côté trachéen, pour aller s'unir aux petits vaisseaux spiraux d'un faisceau vertical plus éloigné, ainsi que cela est bien connu du reste. Ces faisceaux horizontaux s'anastomosent quelquefois entre eux.

On rencontre aussi dans l'intérieur des faisceaux, au contact même des gros vaisseaux spiraux, des petites cellules oblongues qui ont de $0^{mm},11$ à $0^{mm},18$ de longueur, sur $0^{mm},01$ de largeur, et qui prennent une belle teinte bleue sous l'influence du sel de fer (*Musa Ensete*, etc.). Enfin, dans le parenchyme du pétiole, ainsi que dans celui de la tige et du fruit, sont éparses des utricules à tannin en assez grand nombre. Elles sont souvent de plus petite dimension que les cellules environnantes. Il y en a

(1) Le nom des *Musa sinensis* et *vittata* que je donne ici, ne veut pas dire que l'on retrouvera toujours, dans ces plantes, les teintes telles que je les signale, parce que la couleur de ces sucs varie avec l'âge, et par conséquent avec les spécimens.

(*Note de l'auteur.*)

aussi d'assez nombreuses, arrondies, ovoïdes ou obscurément triangulaires, mêlées aux cellules étoilées qui composent les cloisons transversales, par lesquelles les lacunes du pétiole sont çà et là interrompues.

Dans la dernière séance, j'ai décrit les vaisseaux propres tannifères qui existent au pourtour des faisceaux fibro-vasculaires du fruit, de la tige ou pédoncule commun et des feuilles des *Musa*, où ils sont composés de séries continues de cellules superposées. Une partie de ma communication concernant la distribution des laticifères dans la lame de ces feuilles n'ayant pu, faute d'espace, trouver place dans le dernier *Compte rendu*, je la joins ici à ce que j'ai à dire des organes qui renferment le tannin dans quelques autres plantes de la même famille.

Toutes les Musacées que j'ai pu étudier ont une structure assez semblable ; malgré cela, plusieurs d'entre elles offrent des différences considérables sous le rapport des vaisseaux propres. Examinons d'abord ceux de l'*Urania guyanensis* et du *Strelitzia reginæ*.

Ces deux plantes ont des faisceaux fibro-vasculaires constitués à peu près comme ceux des *Musa*. Vers la surface du pétiole, il y a, épars sous l'épiderme, à son contact dans l'*Urania guyanensis*, à la distance d'une ou deux cellules de cet épiderme dans le *Strelitzia*, des petits faisceaux de fibres épaissies, dont la paroi est munie de pores très-ténus, au moins dans le *Strelitzia*. Ces fascicules fibreux sont dépourvus de vaisseaux comme ceux des *Musa*. D'autres faisceaux plus forts, purement fibreux aussi, sont placés à la distance de 5 à 7 cellules de l'épiderme dans le *Strelitzia*. Tous les autres faisceaux sont munis de vaisseaux, et le diamètre des faisceaux internes est plus grand que celui des externes. Leur système vasculaire s'accroît aussi graduellement jusqu'à un certain degré, ainsi que le diamètre de leur vaisseau principal. Ces faisceaux, comme ceux des *Musa*, présentent sur la coupe transversale une sorte d'étranglement ou col, entre leur groupe vasculaire et leur groupe cribro-libérien. Ce dernier groupe, dans une feuille âgée de l'*Urania guyanensis*, me paraît se distinguer de

celui des *Musa*, en ce que les fibres épaissies, à la manière du liber, occupent en grande partie la place du tissu dit cribreux, qui se dessine beaucoup mieux chez les *Musa*. D'un autre côté, les faisceaux fibro-vasculaires, voisins de la face interne de la gaîne de la feuille du *Strelitzia*, possèdent sur leur côté vasculaire antilibérien un groupe fibreux qui étend considérablement le faisceau suivant le rayon du pétiole.

Ceci étant établi, voyons maintenant si nous trouverons, autour de ces faisceaux, des laticifères semblables à ceux qui accompagnent le système fibro-vasculaire des *Musa*. Quand on fait des coupes transversales du pétiole d'une des deux plantes nommées, qui ont macéré dans une solution de sulfate de fer, on observe, surtout après l'exposition des coupes ou des tronçons du pétiole à l'air, des cellules à tannin à peu près dans les mêmes positions que celles qu'occupent les laticifères des *Musa*. Ainsi, dans un pétiole de feuille de *Strelitzia reginæ*, traité comme je l'ai dit, on pourra trouver : une cellule à tannin au dos du liber, une de chaque côté du groupe cribro-libérien, une sur un des côtés du col ou rétrécissement situé entre ce groupe et le groupe fibro-vasculaire, une de chaque côté de ce dernier groupe, et une, rarement deux, derrière le croissant fibreux qui limite le faisceau sur son côté interne ou vasculaire. Tel est l'état le plus parfait que j'aie observé. Pour que la symétrie fût complète dans cette distribution des cellules à tannin autour des faisceaux, il n'en manquait qu'une sur l'un des côtés du col correspondant à la ligne de contact du groupe cribro-libérien et du groupe vasculaire proprement dit.

Il en est de même autour des faisceaux du pétiole de l'*Urania guyanensis ;* mais, comme je l'ai fait remarquer pour les *Musa*, les vaisseaux à tannin n'existent pas toujours dans toutes ces positions à la fois, et il arrive souvent qu'il en manque à plusieurs des points désignés. Telle est la répartition des cellules tannifères près des plus gros faisceaux. Il en existe aussi, il est à peine nécessaire de le dire, au voisinage ou au contact des plus petits faisceaux périphériques, près desquels on en pourra

trouver une de chaque côté, quelquefois deux, et une ou deux autres à quelque autre place de leur surface.

De même aussi que chez les *Musa*, le parenchyme interposé aux faisceaux enserre des cellules tannifères éparses, le plus souvent isolées, quelquefois plus petites que les cellules ordinaires de ce parenchyme.

Il semble donc, d'après cela, qu'il y ait parité complète sous ce rapport entre les *Musa* d'une part, l'*Urania guyanensis* et le *Strelitzia reginæ* d'autre part, et c'est là sans doute ce qui a engagé Meyen à penser qu'il existe dans le *Strelitzia* un système de laticifères continu comme celui qu'il admettait dans les *Musa* et dans toutes les plantes lactescentes. Il n'en est pourtant point ainsi; car lorsque l'on fait des coupes longitudinales du pétiole du *Strelitzia* et de l'*Urania* désignés, macérés dans la solution ferrugineuse, on est tout surpris de n'apercevoir, à la place des lacticifères continus, composés de cellules superposées, que des utricules isolées et courtes, semblables à celles du parenchyme environnant, lesquelles, il est vrai, sont assez souvent dans la même rangée verticale de cellules chez l'*Urania guyanensis*, mais qui, chez le *Strelitzia reginæ*, ne sont fréquemment pas toutes dans une telle rangée verticale de cellules parenchymateuses, en sorte que, dans ce dernier cas, on n'a pas même la ressource de pouvoir croire qu'une série donnée de cellules représente un laticifère, dont seulement quelques-uns des éléments contiendraient du tannin, tandis que les autres en seraient privés, comme j'ai vu ce principe immédiat manquer quelquefois dans des laticifères très-étendus du *Musa zebrina*, ainsi que je l'ai dit dans la première partie de ce travail.

Il va de soi qu'outre les cellules à tannin qui accompagnent les faisceaux, il y en a d'autres qui sont éparses dans le parenchyme. Elles sont surtout assez nombreuses dans le parenchyme vert périphérique du pétiole du *Strelitzia reginæ*.

Les cellules tannifères du pétiole d'une feuille encore jeune de ce *Strelitzia* m'ont offert une particularité remarquable. C'est que certaines cellules contenaient, après la macération,

des globules verts ou d'un beau jaune, tandis que chez d'autres cellules semblables les globules avaient été colorés en bleu violacé avec plus ou moins d'intensité. Ces globules avaient de 0^{mm},005 à 0^{mm},015 de diamètre. Ils semblaient tout à fait liquides, et plusieurs paraissaient être unis deux à deux ou en plus grand nombre, de manière à former de petites masses irrégulières. Ce liquide rappelait celui qui est jaune chloré dans beaucoup de cellules de la moelle des jeunes rameaux de quantité de *Rosacées*, etc. (*Comptes rendus*, t. LX, 1039). Ce liquide jaune n'est pas une solution de tannin, mais en lui se forme de l'acide tannique vrai.

En outre des cellules spéciales principalement destinées à contenir le tannin, on s'aperçoit quelquefois que la membrane des autres cellules parenchymateuses en est imprégnée en petite quantité, ce que l'on reconnaît après la macération et l'exposition à l'air dans une vieille feuille de *Strelitzia*. Il en est de même de la membrane des cellules du tissu cribreux, ainsi que du contenu de ces cellules, qui se colore souvent jusqu'au noir. Les fibres du liber d'une telle feuille méritent aussi d'être mentionnées. Par l'exposition des coupes à l'air, après la macération, les fibres de groupe libérien proprement dit et les fibres situées au côté interne ou vasculaire des faisceaux, quelquefois les cellules allongées qui environnent les vaisseaux, prennent une belle teinte bleu violet, excepté pourtant les deux ou trois rangées les plus internes des fibres du liber, c'est-à-dire les plus rapprochées du groupe cribreux, qui ne se coloraient pas du tout, ou bleuissaient seulement les dernières.

Dans l'*Urania guyanensis* et dans le *Strelitzia reginæ*, les cloisons placées çà et là à travers les lacunes qui parcourent longitudinalement le pétiole possèdent aussi de petites cellules tannifères arrondies, ovoïdes ou un peu triangulaires à angles mousses, entre leurs cellules étoilées constituantes, comme dans les *Musa*. Dans le *Strelitzia reginæ*, je n'ai pas trouvé toutes ces cloisons formées de cellules étoilées à six ou à huit branches ; vers la région supérieure du pétiole, les cloisons étaient composées de cellules polyédriques, auxquelles étaient mêlées de plus

petites cellules à tannin, dont les angles étaient occupés par de larges pores ou méats qui, à la jonction de trois cellules, faisaient communiquer entre elles les lacunes placées au-dessus et au-dessous de chaque cloison.

Il me reste maintenant à examiner la distribution des cellules à tannin dans la lame des feuilles. Étudions d'abord celles des *Musa*.

Dans le *Musa sinensis* la lame de la feuille présente la structure suivante sur une coupe transversale : Sur chaque face est un épiderme composé de deux couches de cellules, une externe formée de cellules très-étroites ; une interne formée de cellules beaucoup plus grandes. Sous l'épiderme supérieur est une strate très-verte, épaisse et dense, composée de deux ou trois rangées de cellules oblongues perpendiculaires à l'épiderme ; sous l'épiderme inférieur est une strate fort mince de deux ou trois rangées de petites cellules riches en chlorophylle commes celles de la strate supérieure. Entre ces deux strates vertes est un tissu lacuneux, formé de cellules plus grandes et à grains verts beaucoup plus rares.

Le parenchyme ainsi constitué est traversé par des nervures de puissance diverse, et dont les plus faibles sont extrêmement étroites ; mais toutes, quelque minces qu'elles soient, s'étendent d'un épiderme à l'autre. Là, sous chaque épiderme, elles sont limitées par un groupe de cellules libériennes à parois épaisses, proportionné à la dimension de la nervure ; et ce groupe libérien est souvent plus fort sous l'épiderme supérieur que sous l'inférieur. Entre ces deux groupes de cellules fibreuses sont les autres éléments du faisceau, qui, s'il est très-ténu, peut ne contenir qu'un seul vaisseau spiral grêle, situé au-dessus de la région moyenne de la nervure. Si celle-ci est plus forte, elle peut avoir deux ou plusieurs vaisseaux, dont l'un est beaucoup plus large que les autres, comme dans les faisceaux du pétiole, de la tige et du fruit. Ces nervures sont, de plus, limitées latéralement par des cellules dont la largeur va en diminuant, de la région moyenne du faisceau constituant vers les deux groupes libériens supérieur et inférieur.

Toute nervure autre que la grosse nervure médiane, dont la structure correspond à celle du pétiole, quel que soit son volume, possède deux paires de vaisseaux propres tannifères. L'une est placée vers la face interne de la strate de parenchyme vert et dense du côté supérieur de la lame ; l'autre paire est vers la face interne de la strate mince du tissu vert qui recouvre l'épiderme inférieur. Par conséquent, il y a de chaque côté du faisceau, en haut et en bas, un vaisseau propre.

Cette disposition est d'autant plus remarquable que dans les nervures secondaires de certaines Aroïdées, qui ont des vaisseaux propres semblables, il n'existe de ces derniers qu'auprès du liber inférieur de ces nervures, qui possèdent aussi quelquefois du liber sur le côté supérieur (*Homalonema*, *Richardia*, etc.).

Comme dans ces Aroïdées, les laticifères des *Musa* sont composés de cellules oblongues, placées bout à bout, dont la longueur variait dans une même série à peu près comme il suit : $0^{mm},33$, $0^{mm},40$, $0^{mm},42$, $0^{mm},25$, $0^{mm},30$, $0^{mm},45$, et dont la largeur était de $0^{mm},02$ à $0^{mm},03$.

De même que la lame des feuilles du *Musa sinensis*, celle des *Musa paradisiaca*, *vittata*, *dacca*, *coccinea* et *Ensete*, m'a présenté des nervures qui s'étendent d'un épiderme à l'autre à travers le parenchyme. Le *Musa zebrina* seul m'a offert une exception bien digne d'intérêt dans ce genre si homogène, que certains botanistes n'y voient que des variétés ou plutôt des races d'une même espèce.

Le faisceau des plus grosses nervures secondaires seulement s'étend de l'épiderme supérieur de la lame à l'épiderme inférieur, et il a la même structure que dans les plantes nommées plus haut. Au contraire, les plus petites nervures ne s'étendent point jusqu'aux deux épidermes. Vers la face supérieure de la feuille elles ne vont qu'un peu au-dessus de la face interne de la strate verte et dense supérieure. Vers la face inférieure de la feuille, elles sont séparées de l'épiderme par une couche verte très-mince, ce qui a lieu aussi dans cette même plante pour beaucoup de nervures ou faisceaux qui atteignent jusqu'à l'épiderme supérieur.

Près de ces plus petites nervures, comme auprès des plus grandes, il y a deux couples de vaisseaux propres : une couple en bas, c'est-à-dire un laticifère de chaque côté du liber inférieur : une couple en haut, vis-à-vis la région vasculaire de la nervure.

Cette différence dans la structure de la feuille (qui probablement ne sera pas la seule, quand on aura pu étudier ces plantes avec un soin suffisant), jointe aux caractères morphologiques, paraît avoir une importance considérable. Elle tend à faire douter que tous les *Musa* de l'Asie et des îles voisines doivent être considérées comme de simples variétés d'une seule espèce, d'autant plus que le *Musa zebrina* donne à l'état spontané des graines fertiles, puisque, en effet, cette belle plante fut obtenue, dans les serres de M. Van Houtte, de graines venues dans des touffes d'Orchidées envoyées de Java par M. Ad. Papeleu.

On voit par ce qui précède que chez les *Musa* les cellules à tannin forment des laticifères continus qui accompagnent les nervures ou faisceaux de la lame comme dans les autres parties de la plante. Il n'en est pas de même dans la lame des feuilles de l'*Urania guyanensis* et du *Strelitzia reginæ*. On n'y trouve que des cellules isolées, éparses, comme elles le sont dans le pétiole de ces deux plantes.

Ainsi, dans la lame de l'*Urania* nommé, la plupart des cellules à tannin globuleuses ou ovoïdes, vues sur la coupe transversale, sont répandues à la même hauteur vers la face inférieure de la couche verte et dense supérieure, composée de cellules oblongues perpendiculaires à l'épiderme. Pourtant on en trouve aussi quelques-unes dans cette même couche supérieure, où elles sont de même forme que les cellules qui la constituent. Il y en a également d'éparses dans le parenchyme inférieur. Il en existe de même dans l'épiderme, et surtout dans la seconde couche des cellules épidermiques, où celles qui entourent les cavités aériennes placées au-dessous des stomates deviennent bleu noir. Enfin, les cellules fibreuses des nervures, principalement celles des petites qui unissent transversalement

les autres, peuvent aussi se colorer en noir par la solution ferrugineuse.

La structure de la lame du *Strelitzia reginæ* mérite, pour son épiderme supérieur, quelques lignes de description spéciale. Comme la feuille des *Musa*, elle a une forte nervure médiane, de chaque côté de laquelle sont des nervures pennées, parallèles, rapprochées, à peine sensibles à l'extérieur. L'épiderme inférieur est composé de deux rangées de cellules, dont l'interne a les cellules notamment plus grandes que celles de l'externe. L'épiderme supérieur a un tout autre aspect. Il est formé d'environ six rangées de cellules. Les deux rangées les plus externes sont semblables à celles de l'épiderme inférieur; les quatre autres rangées sont constituées par des cellules beaucoup plus grandes. Cet épiderme supérieur occupe à peu près la moitié de l'épaisseur de la lame, et le tissu vert seulement l'autre moitié. En travers de ce tissu vert sont les nervures secondaires, qui forment chacune un faisceau étroit un peu renflé dans la partie correspondante aux vaisseaux, et limité en haut et en bas par un groupe libérien. Dans la plupart des nervures, le liber supérieur ne dépasse pas la limite du tissu vert, mais dans les plus fortes que j'aie observées il s'étend jusque vers la moitié de l'épaisseur du large tissu épidermique supérieur. J'ai dit qu'il n'existe pas de vaisseaux propres continus dans cette lame. On y rencontre seulement, après la macération et l'exposition à l'air, des cellules à tannin assez nombreuses, répandues dans le parenchyme vert, ainsi que je l'ai annoncé plus haut.

Je n'ai que quelques mots à ajouter pour les *Heliconia speciosa* et *Bihai*, et pour le *Ravenala madagascariensis*. Je n'ai pas découvert de vaisseaux propres dans les deux premières plantes, qui ne m'ont fait voir du tannin que dans quelques cellules du tissu cribreux. Quant au *Ravenala madagascariensis*, jeune ou vieux, il ne m'a montré, même après vingt-huit jours de macération (du 20 février au 14 mars) (1), aucune cellule à contenu

(1) Je dis « *après vingt-huit jours de macération* », parce qu'une macération prolongée, agissant par le gaz contenu dans l'eau, équivaut jusqu'à un certain degré à une exposition à l'air, tant que la putréfaction ne se manifeste pas. C'est que dans les

bleui par le sel de fer. Des cellules des bords de la gaîne et de la face interne de celle-ci semblaient seules noircies à l'œil nu, mais cette teinte était due à leur contenu, qui apparaissait d'un brun fauve sous le microscope. Néanmoins, la membrane de quelques-unes de ces utricules commençait à se teinter en bleu.

Le même *Ravenala madagascariensis* a été étudié par M. Schultz, sous le nom d'*Urania speciosa*. Mes observations sur cette plante ne s'accordent pas avec celles de ce savant, qui attribue à ce végétal des laticifères continus, qu'il décrit et représente (*Sav. étrang.*, t. VII, p. 10, pl. VI, fig. 2) à l'état d'articulation, c'est-à-dire formés d'articles (cellules) allongés, comme je n'en ai pu voir dans la plante qu'il nomme, ni dans l'*Urania guyanensis*, où il n'existe certainement pas de vaisseaux propres tannifères continus.

La famille des Musacées présente donc, comme celle des Papavéracées, etc., mais à un moindre degré que celle-ci, des vaisseaux propres dont la constitution est variable.

Musacées, de même que dans les Rosacées, etc. (voyez *Comptes rendus*, t. LX, p. 1038 et 1039), la matière tannante n'est pas au même état dans toutes les cellules qui la renferment. Dans certaines plantes, dans les *Musa* et dans l'*Urania guyanensis*, par exemple, elle bleuit presque tout de suite sous l'influence du sulfate de fer, on n'a besoin que d'une courte exposition à l'air ; tandis que des coupes de *Strelitzia reginæ*, simplement placées dans la solution ferrugineuse, ne m'ont point donné la coloration bleue ; il a toujours fallu, pour obtenir cette teinte, une macération plus ou moins prolongée, et souvent une exposition à l'air. Ces faits s'ajoutent à ceux que j'ai décrits en parlant des Rosacées, pour montrer que le passage du protoxyde de fer à l'état de peroxyde n'est pas la cause du retard de cette coloration, puisque celle-ci apparait *immédiatement* dans un grand nombre de circonstances. (*Note de l'auteur.*)

RAPPORTS DES VAISSEAUX LATICIFÈRES AVEC LE BOIS ET AVEC LES VAISSEAUX SPIRAUX,

LETTRE DE M. SCHULTZ-SCHULTZENSTEIN A M. A. TRÉCUL (1).

Dans une conversation que nous avons eue, au sujet de vos belles observations et de vos dessins sur les vaisseaux laticifères, vous avez émis quelques doutes sur la publication de mes observations concernant l'entrée des vaisseaux laticifères dans le bois et leur distribution entre les vaisseaux spiraux. Pour tenir la promesse que je vous ai donnée, j'ai l'honneur de vous indiquer ici quelques passages de mes ouvrages qui s'occupent de la situation réciproque des vaisseaux spiraux et laticifères, avec la traduction française que vous ferez comparer facilement avec les originaux. Dans l'ouvrage : *Die Natur der lebendigen Pflanze* (*La nature de la plante vivante*, t. Ier : *La vie de l'individu*, Berlin, 1823), vous trouverez, p. 591, § 164 : « Du foyer de la cir-
» culation (cyclose) auparavant décrit (comme se trouvant dans
» l'écorce), le latex se distribue dans toutes les parties de la
» plante par les ramifications et les anastomoses des vaisseaux
» laticifères. Ainsi l'intérieur du bois n'est nullement dépourvu
» de latex, quoiqu'on ne voie plus la cyclose dans le vieux bois
» endurci. Mais dans le bois des jeunes racines de la Chélidoine,
» des Ombellifères, des Composées, des Papavéracées (*Sanguina-*
» *ria*), l'observation de la cyclose se fait très-bien. Les vaisseaux
» laticifères se distribuent par leurs ramifications dans le bois
» entre les vaisseaux spiraux et sont situés à côté d'eux ; on
» voit, même à l'œil nu, couler le latex du bois après avoir fait
» une section transversale d'une telle racine.

» Le latex est plus abondant dans la moelle vivante des jeunes
» pousses des arbres que dans le bois, par exemple dans les Fi-
» guiers, les Asclépiadées, les Sumacs, où l'on voit très-bien la
» cyclose dans des lames minces. Les vaisseaux laticifères de la
» moelle ne sont pas réunis en faisceaux comme dans (le foyer

(1) La réponse faite à cette lettre, dans cette séance, par M. Trécul, est insérée plus loin, page 303 de ce volume.

» de) l'écorce, mais séparés et écartés dans le tissu cellulaire.
» La *pl. IV*, *fig.* 4, donne une représentation de la marche de
» la cyclose dans la moelle du *Ficus populifolia*. Les anastomoses
» des laticifères sont ici plus rares, mais ils ne manquent jamais.
» A mesure que la moelle devient vieille, qu'elle se meurt et se
» dessèche, la cyclose s'affaiblit et cesse. »

Dans l'ouvrage : *Die Cyclose des Lebenssaftes in den Pflanzen* (inséré dans les *Actes de l'Académie des Curieux de la nature*, 1841), vous trouverez, p. 276, une exposition de la distribution des laticifères dans le bois, et de la connexion des laticifères de l'écorce et de la moelle au moyen des ramifications qui traversent le bois. Je ne cite que ces mots : « La connexion des
» vaisseaux laticifères de la moelle avec le foyer dans l'écorce se
» fait par des rameaux simples de ces vaisseaux qui traversent les
» rayons médullaires et les vaisseaux spiraux du bois dont j'ai
» décrit la direction (1). »

Vous voyez ainsi que je n'ai pas négligé le rapport des vaisseaux laticifères et spiraux, et qu'il y a seulement une différence d'opinion sur les observations. Vous croyez qu'il existe une embouchure des laticifères dans les vaisseaux spiraux ; moi, je ne concède qu'une juxtaposition de ces deux sortes de vaisseaux. Je nie l'embouchure des uns dans les autres, non-seulement faute d'observation, mais aussi à cause de la diversité des sucs contenus dans les deux sortes de vaisseaux. Les vaisseaux spiraux du bois contiennent la lymphe ou séve sucrée que j'ai nommée *succus xylinus* (*Holzsaft*), suc du bois, qui coule du bois de la Vigne, de l'Érable, etc. Les laticifères ne contiennent jamais autre chose que le latex, dont la composition est si singulière qu'elle ne se trouve nulle autre part. Jamais on ne trouve la séve dans les laticifères, jamais le latex dans les vaisseaux spiraux. Le latex qui coule du bois des jeunes racines ne vient que des laticifères qui traversent le bois, et que j'ai considérés comme les vaisseaux nutritifs du bois. »

(1) M. Schultz aurait dû ajouter : « D'après la Chélidoine, les Ombellifères, le
» *Sanguinaria* », qui sont nommés dans le passage cité.

RÉPONSE A UNE LETTRE DE M. SCHULTZ CONCERNANT LES VAISSEAUX DU LATEX.

PAR M. A. TRÉCUL.

Quand, il y a dix ans, c'était en 1857, je fis connaître mes premières observations sur les rapports des laticifères avec le système fibro-vasculaire, je ne connaissais de M. C. H. Schultz que le mémoire couronné par l'Académie en 1833, et publié seulement en 1841. J'avais donc quelque raison de croire que dans ce travail devaient être réunis tous les faits importants constatés par ce savant. Les assertions qui font l'objet des réclamations de M. Schultz m'étaient tout à fait inconnues, ainsi qu'à tous les botanistes, même allemands, qui ont parlé des phénomènes que j'ai décrits. Quand j'annonçai ces faits, ils furent unanimement désapprouvés; et aujourd'hui que, grâce à mes recherches, ils sont vérifiés sur un grand nombre de végétaux, et qu'ils sont présentés aussi par les canaux oléo-résineux, que l'on rejetait alors loin des laticifères, on m'en contesterait même l'observation, si c'était possible (1). Loin de moi l'idée de pri-

(1) Je n'ai pas la prétention d'avoir signalé le premier les vaisseaux propres dans le corps ligneux des végétaux; tous les phytotomistes savent que Malpighi et Duhamel en avaient une certaine connaissance. Il n'est donc pas sans intérêt de rappeler ici les passages suivants de nos plus anciens devanciers. Voici quelques lignes de Malpighi (*Anatomes plantarum idea*, p. 23; *Op. omn.*, Lugd. Bat., in-4°, 1687) : « An expositi humoris concoctio in utriculis celebrata nutritivum illum succum edat, quem in cupresso, pino et abieto, terebenthinæ specie miramur : in aliquibus, ut ficu, tithymalo, cichorio, apio rustico, etc., lactis instar, dubitari potest. Peculiaria enim hæc vascula (arteriarum, vel saltem nervorum, instar) non solum corticem, *sed et lignum*, et reliquas vegetantium partes irrigant, et concocto turgent succo, qui longe elaboratior videtur ac est humor ligneis fistulis contentus. »

D'après Duhamel (*Physique des arbres*, t. I, p. 41; Paris, 1788) : « Le *corps ligneux* n'est pas seulement formé de l'entrelacement des vaisseaux lymphatiques avec le tissu cellulaire ou les productions médullaires; on aperçoit encore dans cette substance une autre espèce de vaisseaux dont nous avons fait mention en parlant de l'écorce, et que nous avons nommés *vaisseaux propres* (Pin, *Picea*, Figuier). » Et, page 68, il ajoute : « Outre la lymphe..., on découvre encore *dans le bois*, et princi-

ver M. Schultz du bénéfice de ses travaux; mais il me place dans l'obligation de montrer ce que ses ouvrages contiennent en réalité.

Sa Lettre peut être résumée en quatre propositions :

1° M. Schultz a décrit des laticifères partant de l'écorce et se répandant dans le bois, où ils se ramifient et s'anastomosent entre les vaisseaux et à leur contact, de manière à y donner lieu à la cyclose.

2° Il a signalé l'union des laticifères de la moelle avec ceux de l'écorce par l'intermédiaire de rameaux simples, qui s'étendent à travers les rayons médullaires ou entre les vaisseaux du bois.

3° Il n'admet, dans aucun cas, l'existence de communications directes, par des ouvertures, entre les laticifères et les éléments du corps ligneux.

4° Il nie la présence du latex à l'intérieur des vaisseaux ponctués, réticulés, spiraux, ou autres organes que les laticifères proprement dits, dans les plantes où je l'ai indiqué.

A l'appui de la première proposition, M. Schultz cite des observations qu'il a faites *sur les racines* des Papavéracées en général, du *Sanguinaria* et de la Chélidoine en particulier, des Ombellifères, des Sumacs et des Composées. Quelques lignes plus bas, il désigne aussi les Figuiers et les Asclépiadées comme renfermant des vaisseaux du latex dans le bois de leurs jeunes pousses.

Je vais successivement examiner la constitution des plantes ici nommées. Je ferai remarquer tout d'abord que le mot Papavéracées n'existe pas dans le texte de 1823. Puisqu'il est dans la Lettre, jetons un coup d'œil sur la distribution des laticifères dans les racines de diverses plantes de cette famille.

En admettant la cyclose comme l'entend M. Schultz, elle ne

palement dans l'écorce, une liqueur fort différente, qu'on pourrait en quelque façon comparer au sang des animaux. Cette liqueur est blanche et laiteuse dans le Figuier et les Tithymales; gommeuse dans le Cerisier, etc.; résineuse dans le Térébinthe, etc.... » Il est évident que Malpighi et Duhamel n'avaient pas une notion exacte des vaisseaux propres dans les plantes qu'ils nomment. Nous allons voir que M. Schultz n'en avait aussi qu'une connaissance bien imparfaite.

peut être reconnue que là où l'on aperçoit le latex. Ce suc n'étant pas visible dans le corps fibro-vasculaire des racines des *Papaver Rhœas*, *somniferum*, *Eschscholtzia crocea*, *Argemone grandiflora*, etc., on ne saurait jusqu'à présent, qu'y supposer des laticifères. Ces vaisseaux ne sont apparents que dans l'écorce de ces racines (1).

Bien que des laticifères soient perceptibles dans le corps vasculaire des racines des *Macleya cordata*, *Glaucium fulvum* et *flavum*, la cyclose ne peut néanmoins y avoir lieu, parce que ces laticifères n'y sont pas tubuleux. Ils consistent en cellules isolées ou réunies deux à deux, éparses entre les vaisseaux ou à leur contact et dans les rayons médullaires. Dans l'écorce, il n'y a de même que de telles cellules à suc jaune ou orangé, isolées et dispersées dans le parenchyme. On ne trouve de laticifères composés de séries de cellules, ou même tubuleux et anastomosés, qu'entre les cellules les plus superficielles de l'écorce des deux dernières plantes.

Dans la Chélidoine, il y a bien quelques vaisseaux propres dans le corps central des racines ; mais ces laticifères sont beaucoup plus abondants entre les vaisseaux rayés, ponctués ou spiraux de la souche, et à leur contact, où ils sont formés de séries souvent sinueuses de cellules, et fréquemment unis les uns aux autres. Bien qu'on les trouve quelquefois reliés aussi à ceux de l'écorce, il est fort remarquable que dans cette saison, par exemple, le suc de ces deux parties soit de couleur très-différente. Il est jaune pâle dans l'écorce interne, et orangé dans les laticifères du corps fibro-vasculaire.

Dans le rhizome du *Sanguinaria*, les laticifères, composés aussi de cellules superposées, quelquefois très-aiguës aux deux bouts dans l'écorce externe, sont répandus dans le parenchyme cortical et médullaire, où ils sont reliés de manière à former un

(1) Il est à noter que les parties aériennes de l'*Eschscholtzia* sont privées du beau latex jaune qui existe dans l'écorce des organes souterrains, dont les laticifères ressemblent beaucoup à ceux des racines de la Chélidoine et de l'*Argemone*.

Voulant être bref, je renvoie à la description que j'ai donnée des vaisseaux du latex de ces deux dernières plantes, dans le tome LX, page 522, des *Comptes rendus*, et *Ann. des sc. nat.*, 5ᵉ série, t. V.

réseau. Malgré tout le désir que j'avais de trouver ceux de l'écorce réunis avec ceux de la moelle, mes efforts ont été vains. Je crains donc qu'en cela M. Schultz se soit laissé induire en erreur, d'autant plus qu'il n'a pas aperçu tout ce que les laticifères de ce rhizome ont d'intéressant. Il n'a pas vu, par exemple, qu'outre ces vaisseaux propres formés de séries de cellules il y a dans l'écorce et dans la moelle de nombreuses utricules isolées, semblables à celle du parenchyme environnant, et qui sont pleines d'un beau suc rouge identique avec celui des laticifères.

De toutes ces Papavéracées, la Chélidoine seule, par ses laticifères serpentant entre les vaisseaux rayés ou spiraux, coïncide assez bien avec la description donnée par M. Schultz. Mais si cet anatomiste a assez bien vu les vaisseaux propres du rhizome de ce *Chelidonium* (ce qui ne veut pas dire qu'il en a parfaitement interprété la constitution en tous points), il a tout à fait méconnu ceux de la tige aérienne.

Dans le Mémoire de 1833, par exemple (*Recueil des Savants étrangers*, t. VII, p. 24), il les décrit comme constituant ce que l'on appelle assez communément aujourd'hui le *tissu cribreux* de chaque faisceau ; et à la page 25 il les compare à ce tissu des faisceaux du Mays, qui est interposé entre le groupe des fibres du liber et le groupe des vaisseaux ponctués et spiraux.

Dans son Mémoire de 1841 sur la *cyclose* (*Nova Acta Ac. C. L. C. nat. cur.*, t. XVIII, Suppl. 2) il admet la même opinion. On y lit comme explication de la fig. 1, pl. XVI : « Coupe » transversale de la tige du *Chelidonium majus*. Chaque faisceau » vasculaire est composé : en *a*, de laticifères, dans le milieu du » faisceau ; en *b*, de vaisseaux spiraux vers l'intérieur, et en *c* » de fibres du liber comme couverture au pourtour... »

Il y a bien, éparses dans l'endroit désigné, quelques cellules grêles, contenant du suc jaune ; mais ce n'est pas tout ce tissu sous-libérien qui constitue les laticifères. Les principaux vaisseaux du latex, dans cette tige et dans les pétioles, sont distribués çà et là autour de chaque faisceau fibro-vasculaire, à la périphérie de la partie libérienne aussi bien qu'à celle de la partie

vasculaire, ce que Moldenhawer avait déjà reconnu en 1812 (1).

Des Composées M. Schultz ne cite que des Chicoracées. Pour la tige de ces plantes, la méprise de ce savant est à peu près la même que pour celle du *Chelidonium*. En effet, aux pages 24 et 26 (*Sav. étr.*, t. VII), les laticifères sont représentés par le tissu cribreux, par ce tissu que dans le *Dracæna*, les Palmiers, etc., il désigne aussi comme laticifères. Il n'a pas remarqué que les vaisseaux du latex de la tige des Chicoracées sont placés à la surface même des faisceaux du liber, où ils forment un réseau en s'anastomosant entre eux et avec ceux des faisceaux voisins. Il est vrai que dans la tige de certaines plantes, surtout vers la base (*Sonchus tenerrimus*, *Picridium tingitanum*, etc.; voyez le tome LXI des *Comptes rendus*, p. 786), il y a aussi des laticifères épars dans le tissu sous-libérien. En passant de la tige dans la racine, le liber à fibres épaissies, quand il existe, s'efface graduellement. Au contraire, le tissu dit cribreux devient plus abondant, et les vaisseaux du latex, qui y sont disséminés, deviennent aussi plus nombreux. Mais dans ces racines, pas plus que dans celles des Ombellifères et des Sumacs, ainsi que nous le verrons tout à l'heure, il n'existe de vaisseaux du latex dans le corps fibro-vasculaire central.

M. Schultz a été non moins malheureux, pour les deux derniers groupes de plantes que je viens de nommer, que pour les Chicoracées, car il a méconnu entièrement les organes qui renferment leur suc laiteux (*Sav. étr.*, t. VII, p, 37). « Dans les » Ombellifères », dit-il, « il faut bien distinguer les canaux rési» neux des vaisseaux laticifères » contenant un latex laiteux. » Il cite comme exemple l'*Œnanthe crocata*, l'*Angelica Archangelica* et le *Cicuta virosa*, dans lesquels les laticifères seraient aussi, pour M. Schultz, ce groupe de cellules qui est au côté externe du faisceau ligneux, et sous le liber vrai quand il existe.

Il est du même avis dans son ouvrage de 1841 (*Nova Acta*,

(1) Dans la tige des *Papaver*, des *Argemone* et des *Rœmeria hybrida* et *refracta*, les vaisseaux du latex existent seulement dans le tissu sous-libérien. Comme il n'y en a ni dans l'écorce, ni dans la moelle, ils ne peuvent communiquer de l'une à l'autre de ces deux parties. (*Note de l'auteur.*)

loc. cit.), dont il invoque un passage dans sa Lettre. Il y représente (pl. XXI, fig. 3, et pl. XXII, fig. 1) les vaisseaux du latex par un groupe de cellules qui appartient au système libérien.

Malgré la négation de M. Schultz, ce sont les canaux oléo-résineux qui enserrent le suc laiteux. Et, comme dans les racines des Ombellifères ils n'existent que dans l'écorce, M. Schultz n'a pu voir circuler le suc laiteux dans le bois de ces racines.

Il en est de même pour les Sumacs et les autres Térébinthacées à moi connues. Dans le Mémoire de 1833, M. Schultz rappelle, à la page 36, que M. de Mirbel a reconnu que le suc propre du *Schinus molle* est un mélange de deux liqueurs, l'une blanche, l'autre incolore et transparente. « Ces deux sortes de » liqueurs », dit M. Schultz, « dont l'une est le latex blanc ou lai- » teux, et l'autre, transparente et incolore, (est) la résine liquide, » se trouvent aussi, comme le fait voir une section transversale » du *Schinus molle* (pl. X. fig. 7), dans des organes différents. » En *c* (fig. 7 et 8) sont les canaux oléo-résineux, qui se distin- » guent facilement par leur grandeur et leur structure cellulaire. » *Ils sont complétement environnés de vaisseaux laticifères*...... » On voit une organisation semblable dans le *Rhus Coriaria*. »

Ainsi, point de doute, les laticifères des Sumacs (*Rhus*) sont différents des canaux résineux, d'après M. Schultz, puisque, suivant lui, ils entourent ces derniers. Eh bien, dans les racines des Térébinthacées nommées, les canaux résineux n'existent que dans l'écorce. M. Schultz n'a donc pu voir, dans le bois, les laticifères qui les entourent. Je n'ai pas besoin d'ajouter qu'ici encore les prétendus laticifères de ce phytotomiste sont le tissu sous-libérien, et que de même que dans les Ombellifères ce sont les canaux oléo-résineux qui contiennent le suc laiteux.

Si maintenant, faisant une double hypothèse, nous admettions pour un instant que M. Schultz ait pu prendre des canaux oléo-résineux pour des laticifères en état d'expansion, et qu'il les ait vus passer de la moelle à l'écorce, à travers les espaces formés dans le corps ligneux par l'écartement des faisceaux qui se rendent aux feuilles, nous serions tout de suite portés à re-

noncer à cette hypothèse par la pensée que, si M. Schultz avait réellement vu ce passage dans une position aussi remarquable, aussi bien déterminée, il n'eût pas manqué de le décrire.

J'arrive au second point de la discussion :

« La connexion des vaisseaux du latex de la moelle avec ceux » de l'écorce s'effectue par l'intermédiaire de rameaux simples, » qui passent à travers les rayons médullaires, ou entre les vais- » seaux spiraux du bois. »

Dans les *Nova Acta* de 1841, où cette proposition est émise à la page 276, M. Schultz renvoie à son ouvrage de 1823 (*Die Natur*, etc.), qui ne contient que ce qui suit (p. 591) :

« Du foyer du système de la circulation qui vient d'être décrit, » le latex se répand dans toutes les parties de la plante par les » anastomoses des vaisseaux. Ainsi l'intérieur du bois n'est nul- » lement dépourvu de latex, seulement on n'observe plus la cir- » culation dans le bois durci. » C'est là une proposition générale, que l'auteur applique à tous les végétaux pourvus de latex. Un peu plus loin (p. 592), il y a : « A mesure que la moelle se des- » sèche et vieillit, ou que les rayons médullaires se répartissent » entre le nouveau bois, le mouvement s'affaiblit et le courant » cesse. » On le voit, il n'est pas du tout question de laticifères simples cheminant à travers les rayons médullaires ou entre les vaisseaux.

Ce passage est appuyé sur l'examen de la racine des Ombellifères, des Sumacs, de la Chélidoine et du *Sanguinaria*. Nous avons vu plus haut ce que l'on doit en penser. Examinons maintenant si les Figuiers et les Asclépiadées, que l'auteur cite aussi, l'ont servi beaucoup. « Le latex », dit-il en 1823 et dans sa Lettre, « est plus abondant dans la moelle vivante des jeunes pousses » des arbres que *dans le bois*, par exemple dans les Figuiers, » les Asclépiadées, les Sumacs. » Les laticifères existeraient donc dans le bois de toutes ces plantes (1).

On remarque tout d'abord que dans cette phrase il n'est pas davantage question de vaisseaux du latex allant de l'écorce à la

(1) Nous pouvons négliger les Sumacs, puisque j'ai dit que leur suc laiteux est renfermé dans les canaux oléo-résineux, qui ne sont pas des laticifères pour M. Schultz.

moelle à travers les rayons médullaires, mais des laticifères anastomosés signalés plus haut, courant entre les vaisseaux du bois, et dans lesquels aurait lieu la cyclose. N'est-il pas évident que si M. Schultz avait réellement constaté, dès 1823, l'existence de laticifères effectuant la cyclose dans le bois ou à travers les rayons médullaires, il n'aurait pas manqué de décrire cet important phénomène dans son travail couronné par l'Académie en 1833; et pourtant il n'est pas fait la moindre allusion à ce sujet dans ce Mémoire, ni pour les Asclépiadées, ni pour les Apocynées, ni pour les Euphorbes, ni pour les Figuiers, ou toute autre plante que ce soit.

Voici le passage qui concerne le Figuier (*Sav. étr.*, t. VII, p. 28 et 29) : « Dans le *Ficus Carica* aussi ces vaisseaux (du » latex) *sont en faisceaux* et appliqués à l'entour de la plus jeune » couche ligneuse; *mais ces faisceaux se réunissent en anneau...*» Cet anneau est celui du système libérien et cribreux. L'auteur ajoute : « ... Et, outre cela, il y a encore des vaisseaux isolés » dans la moelle et dans la périphérie de l'écorce. » De l'union de ces vaisseaux du latex de l'écorce et de la moelle à travers les rayons médullaires, il n'est pas dit un mot, non plus que de laticifères dans le bois, je le répète.

Pour confirmer mon assertion, je renvoie aussi au Rapport de M. de Mirbel.

Il est donc prouvé qu'avant 1833 M. Schultz n'avait pas observé de laticifères traversant le corps ligneux à la faveur des rayons médullaires. Voyons maintenant sur quoi il fonde son assertion de 1841.

Chose singulière! c'est précisément sur ses observations de 1823. En effet, après avoir dit (p. 276, *Nova Acta*, 1841), comme en 1823, que des laticifères vont du foyer de l'écorce dans tous les organes (1), et que quelques-uns se développent assez souvent à l'état d'expansion dans la moelle des jeunes rameaux des *Sambucus Ebulus*, *Glycine Apios*, *Rhus typhina*,

(1) Dans tous les organes veut dire dans la feuille et les autres organes appendiculaires, car cela ne peut signifier dans tous les organes de la tige dont dépend l'écorce, ce qui n'aurait pas de sens.

Ficus Carica, *F. populifolia* et *Euphorbia atropurpurea*, d'où il conclut que la jeune moelle contient une grande quantité de latex, il ajoute : « La connexion de ces laticifères de la moelle » avec ceux du foyer dans l'écorce est effectuée par des vais- » seaux du latex simples répandus *dans les rayons médullaires* et » entre les vaisseaux spiraux, *dont j'ai déjà décrit la marche » d'après les Ombellifères, la Chélidoine, le Sanguinaria*, dans » l'ouvrage intitulé : *Die Natur der lebendigen Pflanze.* » Ainsi, c'est sur ses observations de 1823, faites sur des racines des plantes citées (qui n'ont pas de moelle, à moins qu'il ne parle de rhizomes) que M. Schultz base son assertion, qu'il a encore le tort de généraliser.

Comme nous avons vu que le corps ligneux des racines des Ombellifères ne contient pas de vaisseaux du latex, ni même de canaux oléo-résineux, c'est donc seulement sur la Chélidoine et le *Sanguinaria* que repose l'affirmation de M. Schultz. Eh bien ! là même je crois que M. Schultz est allé au delà de la vérité, car, malgré tout le désir que j'avais de généraliser mes propres observations, je n'ai pu trouver de laticifères passant de l'écorce dans la moelle du rhizome du *Sanguinaria canadensis*, et, dans la souche de la Chélidoine, il n'existe pas de vaisseaux propres allant directement de la moelle à l'écorce, mais seulement des laticifères étendus longitudinalement, plus ou moins sinueux, se mêlant aux vaisseaux rayés ou spiraux.

Si M. Schultz n'a pas vu de vaisseaux du latex aller directement, horizontalement, de la moelle à l'écorce, comme ceux que j'ai si souvent décrits, il a pu en soupçonner l'existence de 1833 à 1841. Et tous les savants savent que du soupçon à l'affirmation il n'y a pas toujours loin.

Dans le passage des *Nova Acta* que je viens de citer, l'auteur nomme l'*Euphorbia atropurpurea*, et donne (pl. V, fig. 2) une coupe transversale de la tige de cette plante. S'il avait vu les laticifères passer de l'écorce dans la moelle, chez cet Euphorbe, n'est-il pas évident qu'il l'eût déclaré ? Il ne le dit pas, il ne le représente pas, et pourtant cette fig. 2 de la pl. V montre quatre fragments de laticifères qui, partant de l'écorce interne,

aboutissent à la couche génératrice, vis-à-vis deux rayons médullaires. Il y a deux laticifères opposés à chaque rayon, sans y entrer. Il demeure donc prouvé que M. Schultz ne les y a pas vus pénétrer. Il a supposé peut-être qu'ils traversaient ces rayons médullaires ; mais il a été assez consciencieux pour ne pas l'exprimer. Il s'est contenté d'assimiler à ce fait ce qu'il avait observé dans la Chélidoine, et malheureusement de le généraliser. Or, ce grand Mémoire de M. Schultz (1841) renferme 33 planches, et son travail de 1833 en contient 23, ce qui fait un total de 56 planches, dont les nombreuses figures (296) sont dessinées avec art, et dont pas une ne représente le passage des laticifères dont M. Schultz réclame aujourd'hui le bénéfice de l'observation.

Même en admettant que j'aie eu connaissance de l'assertion sans preuve de M. Schultz, en présence des nombreuses planches que je mets sous les yeux des membres de l'Académie, lesquelles planches représentent tant de fois le phénomène dont il s'agit, on voit que ma part serait encore assez belle.

Je passe à un autre point pour lequel M. Schultz n'adresse pas de réclamation, qui, dans ce cas pourtant, serait mieux fondée.

Il existe sur les côtés des faisceaux épars dans les tiges aériennes ou dans les pétioles des Aroïdées des laticifères qui s'anastomosent souvent en réseau dans certaines espèces. Ces laticifères anastomosés envoient assez fréquemment des branches latérales qui arrivent au contact des vaisseaux spiraux. Dans les *Comptes rendus* de 1865 (t. LXI, p. 1166), tout en donnant de nouveaux exemples de ce fait, j'ai attribué à M. Hanstein la découverte de ces points de contact dans cette famille, ne sachant pas que M. Schultz en avait décrit et figuré en 1841, d'après les *Arum maculatum*, *purpurascens* et *Caladium esculentum*. Je m'empresse de lui rendre cette justice.

A présent, pour répondre à la négation des ouvertures qui établissent la communication entre les laticifères et les éléments du bois, je dirai à M. Schultz et aux botanistes qui refusent d'admettre l'existence d'une membrane autour des grains de

chlorophylle, d'aleurone et même des grains d'amidon, qu'en général, pour trouver un objet, il faut le chercher où il est, ou du moins où il a été signalé comme facile à observer, et ne pas s'obstiner à en nier tout à fait l'existence, parce qu'on ne l'observe pas dans des cas donnés. En ce qui concerne les ouvertures dont je viens de parler, il eût été facile à M. Schultz de se convaincre de leur réalité, lors de son dernier voyage à Paris, si, prolongeant d'une demi-heure la visite qu'il me fit, il eût pu jeter un coup d'œil sur les préparations que je conserve.

Quant à la présence du latex dans les vaisseaux ponctués, rayés et spiraux, je maintiens mon affirmation, et j'en ferai connaître de nouveaux exemples dans une de mes premières communications sur les vaisseaux propres.

NOTES MYCOLOGIQUES

Par M. F. HILDEBRAND.

(*In* Pringsheim, *Jahrbüch. f. wiss. Bot.*, t. VI, fasc. III, p. 249-284, pl. XV-XVII. — 1863.)

I. — Sur quelques nouvelles Saprolégniées.

J'ai eu, durant le printemps dernier, l'occasion d'observer diverses espèces de Saprolégniées, les unes déjà décrites par M. Pringsheim (1) ou M. Ant. de Bary (2), et d'autres qui m'ont semblé nouvelles et dont les caractères particuliers méritent d'être connus; ces formes encore inédites pourront aussi servir à fixer l'attention des botanistes sur les signes distinctifs des divers types et conduire à une étude plus approfondie de toute la famille des Saprolégniées.

1. — Achlya racemosa Hildebr. (Pl. 18.)

Au mois d'avril de l'an passé, je trouvai dans une eau dormante, à Roisdorf près de Bonn, un débris de tige ligneuse (de *Lythrum* peut-être) encore pourvu d'écorce et sur lequel étaient portés de petits coussinets incolores que je pris d'abord, avant tout emploi du microscope, pour une production animale. Mais une observation moins superficielle me fit reconnaître que ces pulvinules étaient formés par les filaments d'une sorte d'*Achlya* très-intéressante. N'ayant pu acquérir la certitude que cette plante ait été déjà mentionnée quelque part, je lui donnerai le

(1) Voyez ses *Jahrbücher f. wiss. Bot.*, t. I, p. 284, pl. XIX-XXI, et t. II, p. 205, ou les *Ann. des sc. nat.*, 4e série, t. XI, 1859, p. 349 et suiv., pl. 6 et 7.

(2) Voyez le recueil déjà cité de M. Pringsheim, t. II, p. 169 et suiv., planches XIX-XXI.

nom d'*Achlya racemosa*, à cause de la disposition de ses oogonies en manière de grappes.

Un flacon plein d'eau dans lequel végétait une tige d'*Anacharis Alsinastrum* me permit de cultiver chez moi sur son support initial l'*Achlya* dont je parle, et d'étudier successivement les diverses phases de son développement.

Le Champignon (1) apparaît d'abord sous la forme de petits coussinets arrondis, étroits et allongés, qui s'échappent des fentes de l'écorce de la tige nourricière, surtout à sa face supérieure, immergée, à la vérité, mais plus voisine de la surface de l'eau. Ces coussinets sont d'abord constitués par des filaments courts et simples, épais de 4-5^{mm}/182, pleins d'une matière médiocrement grenue et qui, s'ils sont retirés de l'eau, s'affaissent mollement les uns sur les autres. A ces filaments d'autres s'entremêlent qui sont sensiblement plus gros, leur diamètre mesurant 12-14^{mm}/182; ces gros filaments commencent de se ramifier à peu de distance de leur point d'origine, ils sont vers leur extrémité gorgés d'un protoplasma granuleux et placés hors de l'eau ils restent dressés sur leur support. Ces mêmes filaments constituent les rudiments de notre Champignon; les premiers, plus grêles et plus mous, me paraissent appartenir à une autre espèce que je décrirai plus bas. Les filaments épais, ceux qui demeurent rigides hors de l'eau, ne tardent pas à s'allonger et arrivent à former une sorte d'arbuscule unicellulaire plus ou moins branchu. La figure 1 de la planche 18 représente un de ces arbuscules, mais je dois noter que j'avais choisi pour ce dessin un spécimen d'une taille exceptionnelle et que le plus souvent ces plantules sont moins rameuses. Le contenu plastique de la tige principale passe pour la plus grande part dans les rameaux à mesure de leur formation, le peu qui en reste dans l'axe primaire et à la base des branches est moins granuleux.

Postérieurement, les extrémités des rameaux se renflent légè-

(1) Depuis que parmi les plus incontestables Champignons, on en compte un grand nombre qui possèdent des zoospores, il n'y a plus lieu de retenir les Saprolégniées dans la famille des Algues, où elles n'avaient été précisément reçues qu'à cause de leurs zoospores; elles ont manifestement leur place légitime au rang des Champignons.

rement en massue, il s'y accumule un *protoplasma* de plus en plus granuleux et elles deviennent entièrement opaques ; alors aussi à cause de leur teinte blanche, elles se distinguent mieux à l'œil nu que les autres parties de la plante, qui sont toutes transparentes. Les mêmes sommités se séparent ensuite du filament continu et rameux qui les porte, par une cloison qui naît justement là où leur contenu plastique cesse d'être aussi épais, et les rudiments des zoosporanges se trouvent ainsi formés. Ces organes ont des dimensions presque inconnues jusqu'ici chez les Saprolégniées ; elles ont, par exemple : 1° 15^{mm}/91 de longueur et une largeur six fois moindre ; 2° ou 20/91 dans un sens et 5/91 dans l'autre ; 3° en d'autres cas, 25/91 de longueur et 5/91 de largeur ; 4° ou même 65/182 dans le plus grand diamètre et 10/182 seulement dans l'autre ; j'en ai rencontré un qui mesurait 60^{mm}/91 en longueur avec une épaisseur dix fois moindre. Les dimensions les plus fréquentes sont 25/91 pour la longueur, l'épaisseur étant cinq fois moindre. On voit par là que cette dernière dimension est sujette à moins de variations que l'autre. Les premiers-nés d'entre les zoosporanges sont aussi communément les plus épais, ce qui tient sans doute à ce qu'ils terminent les branches principales, tandis que les zoosporanges qui viennent après sont portés sur des rameaux secondaires, d'autant plus grêles qu'ils appartiennent à un ordre plus élevé de ramification ; il faut surtout noter que dans la plupart des cas le zoosporange, au moins vers son milieu, surpasse en épaisseur le rameau qu'il termine.

Après que les zoosporanges sont formés, leur contenu ne tarde pas à se partager en zoospores (fig. 2) ; puis leur extrémité se rompt, et ils se vident de la manière qui a été observée et décrite avec détail par M. Alex. Braun (1), et surtout par M. Ant. de Bary (2) dans l'*Achlya prolifera* (3) ; les cellules sphéroïdes

(1) Voyez son livre intitulé *Betrachtungen üb. d. Erscheinung der Verjüngung in der Natur*, p. 201.

(2) Voyez la *Bot. Zeitung* de MM. de Mohl et de Schlechtendal, pour l'année 1852, p. 479.

(3) Ce nom spécifique ne saurait être conservé à cet *Achlya*, car il désignerait aussi bien plusieurs autres types du même genre ; on pourrait en dire autant de l'épithète de *clavata* parmi les *Vaucheria*.

qui sortent du zoosporange se disposent à son orifice en un globe creux (fig. 3, à droite et à gauche) ; puis, quand elles sont demeurées ainsi quelque temps immobiles, chacune d'elles laisse échapper une zoospore ; après quoi elles restent encore visibles à la bouche du zoosporange (fig. 3, au sommet).

Les zoospores (fig. 4) imitent assez bien la forme d'un haricot ; leurs deux cils naissent d'une faible échancrure médiane, l'un dirigé en avant, l'autre en arrière, parallèlement au grand axe de la zoospore. Ces corpuscules se laissent bien observer, surtout à leur sortie de leur enveloppe ; mais je dois dire la circonstance particulière dans laquelle j'ai le mieux vu leurs mouvements et leur forme : c'est un cas dans lequel des zoospores, au moment de leur éclosion, étaient rentrées par erreur dans le zoosporange et s'y épuisaient en vains efforts pour recouvrer leur liberté ; elles nagent toujours parallèlement à leur grand diamètre, un cil en avant, l'autre en arrière. Quand elles cessent de se mouvoir, elles prennent une forme globuleuse et germent bientôt après (fig. 4).

Au-dessous des zoosporanges terminaux qui se montrent les premiers il se développe parfois, quoique rarement, des conceptacles singuliers qui semblent tenir le milieu entre les zoosporanges terminaux et les zoosporanges latéraux (fig. 1, en haut, et fig. 3). C'est juste au-dessous de la cloison qui sépare le zoosporange primaire du filament qui l'a produit, que naissent ainsi deux branches latérales opposées, lesquelles se remplissent de matière grenue. Par analogie avec d'autres espèces d'*Achlya*, chacune de ces branches devrait, à un instant donné, s'isoler par une cloison du filament principal, mais il n'en est rien, tandis qu'on voit un diaphragme transversal apparaître dans ce même filament-axe, parallèlement à celui qui forme la base du zoosporange médian. De là résulte un conceptacle à trois membres, comme celui que représente la fig. 3 dans lequel le sac médian terminal présente à son ouverture le groupe des cellules mères des zoospores, après la mise en liberté de ces dernières, tandis qu'au-dessus des deux sacs latéraux, les zoospores sont encore enveloppées chacune de leur utricule propre. Cette sorte de zoo-

sporange semble réunir les caractères particuliers aux *Saprolegnia* avec ceux qui distinguent les *Achlya*. Elle a de commun avec ces derniers les branches latérales et avec les *Saprolegnia* son sac médian formé d'une partie de l'extrémité de l'axe primaire et fertile. Toutefois, on ne voit point que cette branche centrale du conceptacle triparti pénètre dans la cavité vide du sporange terminal primitif; on ne rencontre pas davantage de semblables pénétrations chez les conceptacles de la forme commune ou ordinaire, c'est-à-dire simples et terminaux (fig. 1, à droite). Si l'on considère la formation de ses zoosporanges, la forme et le mode de développement des zoospores, notre plantule appartient sans aucun doute au genre *Achlya*.

Quelle relation de succession existe chez ce petit Champignon entre la reproduction sexuelle par oospores, et la multiplication asexuée par zoospores? Sont-ce les mêmes plantes qui présentent d'abord des zoosporanges et plus tard des oogonies, ou bien les plantules oogoniophores naissent-elles directement des zoospores? Voilà des questions que je n'ai pu résoudre avec certitude. Pourtant il me paraît probable que les sujets à oogonies tirent leur origine de zoospores, car je n'ai jamais rencontré à la fois sur le même exemplaire les organes de l'un et de l'autre mode de fructification. Les rameaux pourvus d'oogonies naissaient toujours directement du corps nourricier du Champignon. Vraisemblablement, les sujets à zoosporanges se reproduisent par des zoospores durant plusieurs générations, puis vient un certain moment où les zoospores donnent naissance à des sujets oogoniophores. Ces derniers, réunis en petits coussinets comme les plantules à zoosporanges (fig. 5), se reconnaissent à des caractères spéciaux. Du substratum nourricier du Champignon naît un filament continu, plus rarement cloisonné, ayant à sa base la même grosseur environ que l'axe principal des plantes à zoosporanges, et qui, dans sa partie supérieure, porte une riche grappe d'oogonies sur laquelle j'ai compté jusqu'à dix-huit de ces organes (fig. 6). Chaque oogonie termine un rameau très-court du filament-axe; c'est une vésicule globuleuse qui se remplit d'un *protoplasma* épais. Quand ces cellules ont acquis un certain dé-

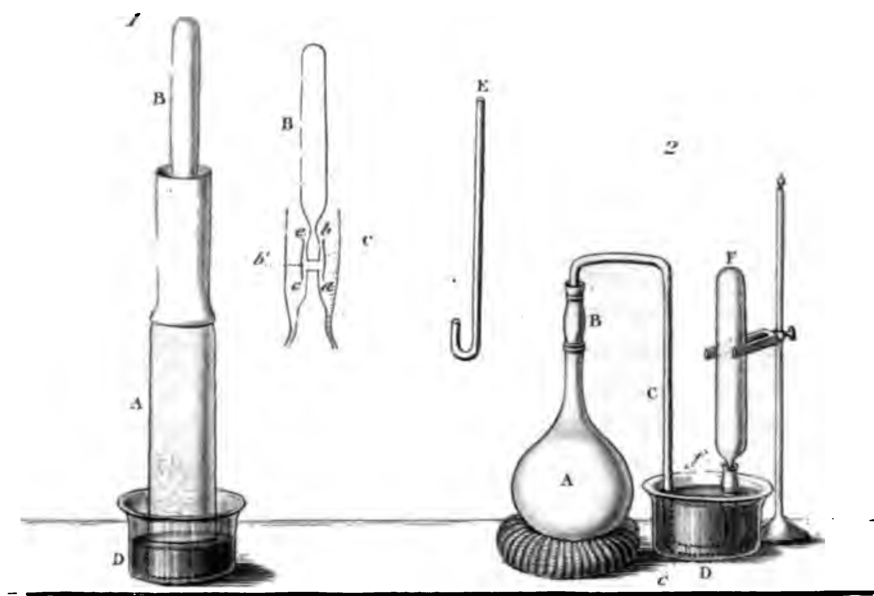
veloppement, il naît de leur pédicule deux branches latérales qui sont les rudiments des anthéridies (fig. 7). A ce moment, l'oogonie n'est pas encore séparée de son support par une cloison, et celle-ci même n'existe pas quand les anthéridies ont déjà appliqué leur extrémité sur l'oogonie (fig. 7).

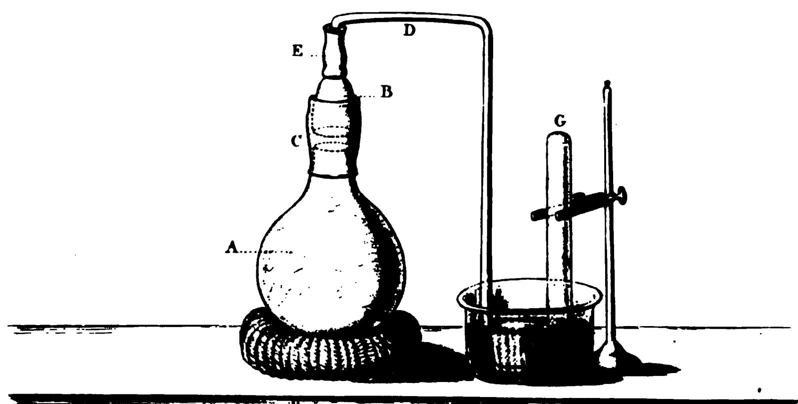
J'ai manqué de matériaux convenables pour l'observation des phénomènes immédiatement consécutifs au contact fécondateur, et des circonstances qui précèdent la formation des gonosphères ou embryocystes (*Befruchtungskugeln*); mais les occasions ne m'ont point fait défaut pour l'étude des faits qui se produisent plus tard. Il se forme dans chaque oogonie trois à douze gonosphères qui se réunissent finalement au centre de sa cavité. La paroi des oogonies est lisse extérieurement; intérieurement, au contraire, elle est singulièrement irrégulière et bossuée; on n'y voit nulle part de pores ou trous tels, par exemple, que ceux signalés par M. Pringsheim, tant chez les *Saprolegnia monoica* et *dioica* que dans le *Pythium monospermum*. Les appendices latéraux du pédicelle de l'oogonie que j'ai presque sans exception toujours rencontrés au nombre de deux, sont devenus des anthéridies au moment dont je parle; leur extrémité, remplie de matière granuleuse, s'est épaissie en massue; elle s'est isolée par une cloison du tube inférieur plus grêle, et elle est étroitement appliquée à l'oogonie. Plus tard, à la place où l'anthéridie a touché l'oogonie, la membrane de celle-ci est percée d'une ouverture à travers laquelle une production tubuleuse, née de l'anthéridie, s'allonge vers les embryocystes, dont elle atteint manifestement quelqu'un, ou bien elle disparaît au milieu de la masse formée par leur réunion. C'est ici que se présente le plus important des caractères distinctifs de notre plante comparée aux *Achlya* et aux *Saprolegnia:* la paroi de ses oogonies demeure entière durant le cours de son développement propre; elle ne se perce point d'elle-même de pores destinés au passage des processus anthéridiques. Ces ouvertures ne sont que le fait de ces derniers et la conséquence du contact de l'anthéridie; aussi le nombre de ces pores est-il ici très-restreint, puisque chacune des deux anthéridies qui accompagnent l'oogonie n'en déter-

mine qu'un seul. Ce phénomène de pénétration ne se laisse pas d'ailleurs facilement observer ici ; il m'a paru que le contact de l'anthéridie détermine d'abord une dépression de la membrane de l'oogonie, puis que la partie déprimée se dissout ensuite ; ces deux phénomènes, aussi bien que l'acte même de la fécondation, s'observent mieux dans l'espèce dont je parlerai plus bas. Je n'ai pu constater le moment précis où commence l'allongement des anthéridies vers les gonosphères. Les figures 8 et 9 montrent ces gonosphères recouvertes d'une membrane propre, c'est-à-dire déjà fécondées, et telles qu'elles seraient mieux appelées des spores véritables. Je ne saurais dire si quelques corps doués de mouvement interviennent dans la fécondation.

2. — Achlya lignicola Hildebr. (Pl. 19, fig. 1-6.)

En société avec l'*Achlya racemosa* dont il vient d'être question, sur le même débris végétal et parfois dans les mêmes coussinets, vivait une autre espèce d'*Achlya,* distincte par plusieurs caractères, et qu'à raison de son habitat qu'elle partage d'ailleurs avec diverses Saprolégniées, je désignerai dorénavant par l'épithète de *lignicola.* Les filaments constitutifs de cet *Achlya,* quand on les retire de l'eau, sont toujours décombants et par là se distinguent tout de suite de l'*Achlya racemosa;* ils sont aussi sensiblement plus fins, car ils n'ont guère que 4 à 7^{mm}/182 de diamètre, et ils sont en outre beaucoup moins rameux. Les zoosporanges se forment à l'extrémité des filaments, et comme toute la plante est moindre dans ses dimensions que l'*Achlya racemosa,* ces conceptacles sont aussi beaucoup plus petits que ceux de cette espèce (comparez les fig. 1 et 2 de la pl. 18 avec les fig. 2 et 3 de la pl. 19). Toutefois, quant à l'origine et au développement des mêmes organes, nos deux *Achlya* ne diffèrent point, et même leurs zoospores se ressemblent beaucoup. Cependant je n'ai jamais vu chez l'*Achlya lignicola* la génération des zoosporanges se répéter deux fois à l'extrémité du même filament, non plus que les conceptacles se former aux dépens de deux branches latérales nées sous le zoosporange terminal, comme cela arrive chez d'autres sortes d'*Achlya.*





Autor del. Pierre sc.

Dégagement de gaz par les Plantes mortes.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. à Paris.

Mais ce que je n'ai point su rencontrer dans l'*Achlya racemosa*, je l'ai vu, bien que rarement et comme par exception, dans l'*Achlya lignicola;* je veux dire la présence simultanée sur le même filament de zoosporanges et d'oogonies (fig. 1 et 2); en sorte qu'on ne peut conserver de doute sur l'appartenance réciproque de ces deux organes. En beaucoup de cas les oogonies naissent au bout de rameaux longs et grêles (fig. 6, *a*) et vues sous la loupe elles figurent de petits capitules blanchâtres; il n'est pas rare non plus de les voir attachées par un court pédicelle aux parois latérales d'un filament (fig. 1). Cependant elles ne forment jamais de grappes, quoiqu'elles soient parfois assez rapprochées les unes des autres; elles sont en outre sensiblement plus petites que celles de l'*Achlya racemosa*, de façon qu'il serait bien difficile de réunir légitimement nos deux types en un seul. Quand l'oogonie a déjà atteint son volume définitif, les anthéridies naissent de son pédicule (fig. 6, *a*), soit immédiatement au-dessous d'elle, soit à quelque distance, et ce au nombre de deux (fig. 2 et 5), plus souvent de trois (fig. 4) ou quatre (fig. 3) et même davantage. Ces anthéridies une fois normalement développées, appliquent sur la paroi de l'oogonie leurs sommités claviformes et pourvues d'une cloison basilaire; la figure 3 montre que cette cloison apparaît avant que l'oogonie elle-même se soit isolée par un diaphragme de son support transparent. Après que cette séparation s'est opérée, le contenu granuleux de l'oogonie se partage en gonosphères dont le nombre varie de 2 à 6 (fig. 4, 5 et 6) (1).

A ce moment, la paroi de l'oogonie n'offre, comme dans l'*Achlya racemosa*, aucune trace de perforation; elle est parfaitement continue, lisse à l'intérieur et inégale sur la surface interne. C'est aussi alors qu'a lieu la fécondation; les anthéridies appuient par leur extrémité contre la membrane de l'oogonie, elles la repoussent un peu à l'intérieur (fig. 6) et la dissolvent au point

(1) Il ne faudrait pas conclure de l'examen de ces figures la quantité d'oospores que renferme le plus habituellement chaque oogonie, car j'ai choisi pour mes dessins les oogonies qui contenaient le moins de gonosphères, par ce motif que l'on y voit beaucoup plus distinctement les tubes qui procèdent des anthéridies.

de contact; en même temps elles envoient dans la cavité de l'oogonie un tube qui s'allonge peu à peu et se termine finalement entre les embryocystes ou gonosphères (fig. 5 et 6); quelquefois il arrive que ce tube se partage en deux branches qui se rendent à des embryocystes différents (fig. 4). Au moyen de ces appendices tubuleux, le plasma finement grenu que contiennent les anthéridies passe jusqu'aux gonosphères. Je n'ai pas été assez heureux pour assister aux premiers moments de ce phénomène; une fois seulement j'ai rencontré, comme la figure 5 le représente, une anthéridie qui commençait seulement de pousser une papille dans la cavité oogonienne, mais je n'ai pas vu cette papille naissante prendre plus d'accroissement; dans la plupart des cas qui se sont offerts à moi (fig. 4, 5 et 6) la même papille était déjà devenue un vrai tube qui disparaissait entre les embryocystes ou à leur surface et ne laissait pas voir comment il finissait. La fécondation était alors en très-bonne voie, car une portion du plasma anthéridien avait passé et se trouvait dans le tube vecteur, mais elle n'était pas achevée, puisque les embryocystes étaient encore privés de membrane enveloppante. Les dessins ci-joints (pl. XVIII, fig. 8 et 9) relatifs à l'*Achlya racemosa*, et où l'on voit aussi les tubes anthéridiques, se distinguent de ceux que je donne de l'*Achlya lignicola* en ce qu'ils expriment un état de développement plus avancé, dans lequel les spores sont munies d'un tégument à double contour, tandis que les tubes anthéridiques qui les atteignent sont déjà tout à fait ou presque entièrement vides.

J'ai d'abord cru que l'*Achlya lignicola* confirmerait l'exposition faite par M. Pringsheim (1) de la fécondation du *Saprolegnia monœca;* il m'avait semblé voir des anthérozoïdes agiles analogues à ceux des *Vaucheria*, mais plus tard j'ai dû reconnaître que le mouvement des corpuscules globuleux contenus dans les anthéridies et leurs appendices tubuleux était purement moléculaire. Je ne vois d'ailleurs ici aucune nécessité de supposer l'existence d'anthérozoïdes comparables à ceux des autres crypto-

(1) Voyez ses *Jahrbücher f. wiss. Botanik*, t. I, p. 293.

games ; le contenu des anthéridies peut bien par son union avec l'embryocyste en déterminer la fécondation. Cette union a-t-elle lieu de telle sorte que le tube anthéridique s'ouvre à son extrémité et verse directement son contenu sur l'embryocyste, ou bien le plasma fécondant passe-t-il au travers de la membrane du tube sans la briser, comme M. de Bary l'admet pour les *Peronospora?* C'est ce que je ne saurais décider, car il ne m'est jamais arrivé de voir distinctement l'extrémité des tubes anthéridiques quand ils étaient engagés parmi les gonosphères. A la suite de la fécondation, ces dernières se revêtent d'une membrane.

On se demandera peut-être si l'une ou l'autre des espèces d'*Achlya* dont je viens de parler ne serait pas identique avec le *Saprolegnia xylophila* de Kützing. Cependant, je dois faire remarquer que la description de cet auteur ne convient parfaitement ni à l'une ni à l'autre de mes plantules. Celles-ci d'ailleurs, d'après la division actuelle des Saprolégniées, appartiennent au genre *Achlya*, et le nom de *Saprolegnia* ne saurait leur être justement appliqué.

3. — ACHLYA POLYANDRA Hildebr. (Pl. XIX, fig. 7-11.)

Je cultivais des *Nitella* rapportés des marais de Siegburg ; vers la fin du mois d'avril, je jettai une grosse mouche dans l'eau où ces plantes vivaient, et bientôt il se développa sur cet insecte un *Achlya* sous forme d'un duvet ou gazon peu épais, dont les arbuscules constitutifs sortaient isolés de divers points du corps de la mouche. Ayant égard à l'abondance des anthéridies qui d'ordinaire accompagnent chaque oogonie de cette espèce d'*Achlya*, je lui donnerai le nom d'*Achlya polyandra*, sans méconnaître cependant que la circonstance dont je parle ne suffirait pas seule à différencier ma plante de plusieurs autres *Achlya* avec lesquels cette *polyandrie* lui est commune.

Les filaments de notre nouvel *Achlya* sont d'abord assez rigides pour qu'étant retirés de l'eau ils restent dressés sur le corps de l'insecte dont ils tirent leur origine ; mais lorsqu'ils ont vieilli et se sont allongés, ils se courbent hors de l'eau par leur propre poids. La rigidité initiale que je signale est un caractère de res-

semblance entre cet *Achlya* nouveau et l'*Achlya racemosa;* chez ces deux espèces le diamètre des filaments et le mode de leur ramification sont aussi à peu près les mêmes. La dissemblance s'observe dans le volume respectif des zoosporanges (fig. 7). Chez l'*Achlya polyandra* ces conceptacles ne sont pas beaucoup plus épais que les filaments qu'ils terminent, et ils sont sensiblement plus allongés que ceux de l'*Achlya racemosa;* cette double circonstance leur enlève toute apparence claviforme. Les zoospores se développent dans leur sein, suivant le mode ordinaire aux *Achlya;* rassemblées à la pointe du zoosporange (fig. 7), elles se revêtent d'une enveloppe avant de prendre leur essor; elles ont aussi la forme d'une fève et sont munies de deux cils dans une échancrure médiane. Juste au-dessous du zoosporange, et le plus souvent avant qu'il ait achevé son développement, on voit naître un rameau latéral, mais je n'ai pu m'assurer que celui-ci s'accrût en un nouveau conceptacle; il ne m'est pas arrivé non plus de rencontrer de vieux zoosporanges qui eussent été traversés par de plus jeunes nés au-dessous.

Les oogonies sont portées isolément à l'extrémité de filaments latéraux d'inégale longueur et distribués irrégulièrement sur la plante. Du pédicelle de l'oogonie et à quelque distance au-dessous naissent plusieurs branches anthéridiques (fig. 8), rarement un petit nombre (fig. 9); pour atteindre l'oogonie, ces branches se ramifient et chaque rameau finit en une anthéridie qui s'applique à la surface de la cellule oogonique. De cette ramification qui est un caractère particulier de notre *Achlya polyandra* résulte ordinairement pour chaque oogonie un nombre assez considérable d'anthéridies. De même que chez l'*Achlya racemosa*, les anthéridies sont ici complétement formées avant que l'oogonie ait pris sa cloison basilaire (fig. 8 et 9). Quand ce diaphragme apparaît, le contenu de l'oogonie se partage en gonosphères dont le nombre dépasse ordinairement une dizaine (fig. 10 et 11). On constate alors qu'il n'y a pas plus de trous ou de lacunes dans la membrane du sac oogonique que nous n'en avons vu dans les espèces précédentes; la fécondation s'opère ici exactemeut comme chez ces mêmes espèces. Ici aussi on peut souvent voir se ramifier le

tube ou boyau qui va de l'anthéridie à l'embryocyste ; la figure 11 montre une anthéridie émettant deux boyaux et l'un de ceux-ci se bifurquant, double circonstance que je n'ai observée qu'une seule fois. Quelques oogonies, à cet instant de leur existence, m'ont présenté dans leur cavité, d'une façon très-distincte, des corpuscules (fig. 10 et 11) de même forme et grosseur que ceux qui sont renfermés dans les anthéridies. Ces corpuscules s'agitaient confusément dans les espaces laissés libres par les gonosphères, et je les pris d'abord, comme ceux des anthéridies de l'*Achlya lignicola*, pour des anthérozoïdes, mais je finis par ne voir là qu'un mouvement moléculaire. Des corpuscules de même apparence, de même forme et agités du même mouvement, se trouvaient aussi dans des cellules du système végétatif de la plante qui semblaient légèrement altérées. La présence des corpuscules en question dans la cavité de l'oogonie fait présumer que le boyau anthéridique se rompt à son sommet pour procurer la fécondation et qu'il répand son contenu entre les gonosphères, mais je ne possède aucune observation directe de ce phénomène. Après l'évacuation des anthéridies, les gonosphères sont transformées en spores par le fait qu'elles s'enveloppent d'une membrane.

Nous voici donc, d'après ce qui précède, en présence de trois espèces d'*Achlya* spécialement caractérisées par cette circonstance que la membrane de leurs oogonies n'est point percée de trous nombreux, comme c'est le cas pour les *Achlya* et *Saprolegnia* connus jusqu'ici (1). Si important que semble ce fait, il

(1) M. Pringsheim ne mentionne (*Jahrb. f. w. Bot.*, t. II, p. 216) qu'un seul exemple d'oogonies sans pertuis; elles appartenaient à une espèce d'*Achlya* à laquelle il n'a point donné de nom. Comme les gonosphères, renfermées dans ces conceptacles, ne se transformaient point en spores, M. Pringsheim s'imagina avoir affaire à des formations anormales; cependant, tout ce que je viens d'exposer mettant hors de doute l'existence effective et normale chez divers *Achlya* d'oogonies parfaitement closes, il serait possible que l'espèce citée par M. Pringsheim lui eût présenté des oogonies régulièrement développées, mais demeurées infécondes pour un autre motif que l'absence de pertuis dans leurs parois. Peut-être les plantules anthéridiophores qui entouraient cet *Achlya* pourvu d'oogonies n'étaient-elles pas nées des androspores de cette même espèce, et appartenaient-elles plutôt à une autre, ce qui aurait été la cause véritable de l'infécondité observée. De ce que les anthéridies s'attachaient par leur sommet au pédicelle des oogonies et à d'autres parties de la plante, on induirait aussi qu'elles n'étaient

ne justifierait peut-être pas la création d'un nouveau genre; je crois plus convenable de maintenir ces espèces dans le genre *Achlya* auquel elles appartiennent certainement par le mode de développement de leurs zoospores; et d'ailleurs il n'est pas impossible que de futurs observateurs ne découvrent aussi des *Saprolegnia* avec des oogonies dépourvues de pores.

Au sujet de la présence ou de l'absence de ces ouvertures chez les Saprolégniées que nous connaissons jusqu'à présent, je dois noter encore que toutes les espèces dioïques ont des oogonies trouées, parce que sans doute les anthérozoïdes, ne devant alors pénétrer dans ces organes qu'isolément, auraient eu trop de peine à en percer la paroi. Chez les Saprolégniées monoïques au contraire, où les anthéridies elles-mêmes s'appliquent à l'oogonie, on trouve des espèces (telles par exemple que les *Achlya* ci-dessus décrits, telles aussi que l'*Aphanomyces*) dont les oogonies n'offrent aucune ouverture ménagée pour la fécondation et doivent être perforées par le tube anthéridique. Quelle nécessité, en effet, y avait-il à ce que des pertuis prédisposés facilitassent le phénomène fécondateur, les anthéridies devant venir au contact de l'oogonie avec la faculté d'en transpercer la membrane? Cependant entre ces deux cas, entre les oogonies perforées de tous les types dioïques et les oogonies closes de quelques espèces monoïques, il y a des exemples intermédiaires où, malgré l'application directe des anthéridies à la paroi oogonique, celle-ci est percée d'avance comme chez les espèces dioïques, ce qui semble superflu puisque les anthéridies peuvent d'elles-mêmes percer l'oogonie pour y faire pénétrer leurs processus tubuleux. C'est donc le cas d'invoquer la théorie si féconde des transitions : chez les espèces dioïques, les pertuis existent et seraient indispensables; chez quelques

pas destinées à féconder ces oogonies. Chez le *Saprolegnia asterophora* de M. de Bary (*in* Pringsheim, *Jahrb. f. w. Bot.*, t. II, p. 189, pl. XX, fig. 26 et 27), il semble aussi que les oogonies soient dépourvues d'ouvertures; le genre *Aphanomyces*, qui appartient aux Saprolégniées, offrirait également des oogonies à parois continues, comme il résulterait des descriptions, publiées par M. de Bary, des *Aphanomyces phycophilus* et *stellatus;* chez ce dernier, une légère saillie de l'anthéridie perforerait la membrane de l'oogonie. (Voy. de Bary, *loc. cit.*, p. 176 et 177.)

types monoïques, ils existent encore sans être aussi nécessaires; enfin chez d'autres types également monoïques, ils seraient inutiles et font, en effet, complétement défaut.

4. — LEPTOMITUS BRACHYNEMA Hildebr. (Pl. XIX, fig. 13-23.)

Le même débris végétal, trouvé dans les eaux de Roisdorf, et qui portait les *Achlya racemosa* et *lignicola*, m'a pareillement offert, après un examen très-attentif, un autre Champignon aquatique qui, par les organes de la végétation, imite assez le *Leptomitus lacteus* pour m'en paraître congénère et que j'appellerai *brachynema* à cause de la brièveté particulière de ses filaments. Je n'ai pu étudier complétement le développement de cette production; mais, pour attirer sur elle l'attention des botanistes, je dirai cependant le petit nombre d'observations qu'elle m'a fournies.

Les groupes formés par ce *Leptomitus* sont excessivement petits; ils ont, à l'œil nu, l'apparence de petits amas de Vorticelles. Ils consistent en filaments unicellulaires peu allongés, médiocrement rameux et dont l'épaisseur varie de 2 à 3/500 de millimètre. De distance en distance, ces filaments offrent des étranglements qui les feraient supposer formés de cellules placées bout à bout et dont la longueur dépasserait plusieurs fois le diamètre transversal; mais un examen attentif avec des verres suffisamment amplifiants montre évidemment qu'il n'existe aucune cloison véritable dans ces étranglements (fig. 12). Malgré la grande ressemblance de notre plante avec le *Leptomitus lacteus* Ag., sous le rapport des organes de la végétation, je n'ai pu trouver dans ses articles aucun *nucleus* (*Kern*) tel que M. Pringsheim en a vu dans ce dernier Champignon (1).

Les zoosporanges naissent du sommet des filaments; ils ont d'abord la forme d'une sphère dont le diamètre surpasse plus ou moins celui des filaments générateurs (fig. 17-22); ces utricules sont remplis d'un *plasma* dense et granuleux, tandis que

(1) Voyez ses *Jahrb. f. w. Bot.*, t. II, p. 230.

le filament lui-même ne contient que de rares granules. Quand les conceptacles ont acquis un volume suffisant, ils s'isolent par une cloison de la cavité continue du filament; alors leur contenu plastique se transforme ordinairement en six zoospores. Dès que celles-ci se disposent à prendre leur essor, le conceptable, jusque-là globuleux, s'augmente d'une papille terminale et oblique (fig. 15, 16, etc.) et par là acquiert la forme d'un matras à col court, ce qui le fait ressembler tout à fait aux zoosporanges du *Pythium proliferum*, décrits par M. de Bary (1); puis la papille s'entr'ouvre à son sommet et donne issue aux zoospores. Malheureusement, je n'ai pu voir ces dernières pendant leur sortie. Détacher les plantules de leur support, les transporter sur le porte-objet du microscope et les recouvrir d'un verre, semblait toujours les faire périr trop tôt pour l'observateur. Il m'est pourtant arrivé d'assister, comme le montre la figure 15, aux premiers moments de l'élargissement des zoospores, mais sans voir le phénomène se continuer; une zoospore était engagée dans le col du conceptacle et y demeura sans mouvement. Ici, comme chez les *Achlya*, les zoospores semblent se dépouiller avant de quitter leur conceptacle, car j'ai trouvé parfois dans ceux-ci des zoospores retardataires mêlées à quelques utricules vides et transparents qui n'étaient vraisemblablement que les enveloppes ou dépouilles des zoospores déjà sorties.

Les premiers zoosporanges, qui naissent d'un filament fertile, sont ordinairement terminaux et solitaires (fig. 15 et 16), plus rarement géminés (fig. 19 et 20) ou ternés. Mais la fécondité du filament ne se borne pas à la production d'un conceptacle terminal; au-dessous de celui-ci, il s'en forme un second, et souvent au-dessous de ce second, un troisième (fig. 13 et 14), sans que les nouveaux venus pénètrent dans les plus âgés devenus vides, ainsi qu'il arrive chez le *Pythium proliferum;* de ces développements successifs, il résulte que l'extrémité du rameau fertile est ordinairement formée de deux ou trois spo—

(1) *In* Pringsheim, *Jahrb. für wiss. Bot.*, t. II, p. 185, pl. XXI.

ranges superposés dont le plus élevé est déjà vide quand l'inférieur est encore rempli de matière plastique (fig. 14). La succession et l'ordonnance des conceptacles sont les mêmes chez le *Leptomitus lacteus*. Il est des cas où sous le premier sporange terminal deux sporanges latéraux apparaissent (fig. 17); ailleurs, au lieu de ces derniers, on voit un rameau terminé par un conceptacle sous lequel prend naissance un semblable rameau fructifère ; c'est ce que reproduit la figure 21. Je dois faire observer que, dans les dessins ci-joints, quelques-uns des sporanges qui se sont vidés de leur contenu sont tout à fait globuleux et dépourvus de toute apparence de papille; mais la cause en est à ce que cette papille, qui a donné issue aux spores, est placée du côté qui regarde l'observateur; dans cette même position, sous le microscope, l'ouverture que les spores ont traversée n'est pas visible à raison de l'extrême ténuité de la membrane de la papille.

Ainsi que je l'ai mentionné plus haut, je n'ai pu me rendre témoin de la sortie des zoospores, je ne saurais rien dire non plus de leurs cils et de leur forme pendant le temps de leur agilité; il n'est cependant guère permis de douter que ce ne soient effectivement des zoospores qui s'engendrent dans les conceptacles lagéniformes que j'ai décrits, quand on compare entre eux ces utricules remplis de *plasma*, ceux qui se sont vidés et ceux qui ont encore retenu une ou deux spores, mais surtout quand on considère notre figure 15 (1); d'un autre côté, on peut conclure l'analogie de ces organes avec les zoosporanges du *Leptomitus lacteus* de ce que les corps qui en sortent sont manifestement bien plutôt des zoospores que des anthérozoïdes.

Outre les zoosporanges, j'ai rencontré dans la plante dont je parle, à une époque un peu plus avancée de sa végétation, des cellules sphériques plus grosses que ces premiers conceptacles

(1) De ces dessins il ressort également que le mode de formation des zoospores dans notre Champignon n'a rien de commun avec celui qu'offre le *Pythium proliferum*, quoique la forme des zoosporanges soit la même dans les deux plantes; chez le *Pythium*, en effet, les zoospores ne se montrent qu'après que tout le contenu du conceptacle est sorti par son ouverture, tandis que les zoospores de notre *Leptomitus* s'isolent manifestement les unes des autres, au sein même du sporange.

et portées sur des rameaux latéraux et courts (fig. 23); ces cellules, dont je n'ai pu suivre le développement ultérieur, étaient toutes pleines de matière granuleuse et l'on peut supposer qu'elles représentaient les oogonies de notre *Leptomitus*.

On voit d'après tout ce qui précède que ce Champignon est encore trop peu connu pour qu'on en puisse donner une diagnose complète; toutefois est-on assuré, par la ressemblance de ses filaments avec le *Leptomitus lacteus* et par la présence des organes que je qualifie de zoosporanges, qu'il appartient au groupe des Saprolégniées. Des recherches ultérieures pourront être facilitées et dirigées par mes premières et trop peu nombreuses observations; ces recherches auront peut-être pour résultat de faire ranger notre plantule dans un autre genre que celui des *Leptomitus* ou d'en faire le type d'un genre nouveau. C'est pourquoi le nom que je lui assigne aujourd'hui peut être tenu pour provisoire; je devais exprimer ici mon sentiment à cet égard, pour le cas où M. Pringsheim, qui réunit le *Leptomitus lacteus* au *Saprolegnia*, viendrait un jour, d'après ce qui précède, à rapporter au même genre *Saprolegnia* mon *Leptomitus brachynema*.

II. — Sur deux nouvelles espèces de *Syzygites*.

(Pl. 20.)

Des spores dues à une copulation constituent un phénomène si rarement observé encore chez les Champignons (1) que tout exemple nouveau de ce fait intéressant mérite une attention particulière. C'est ce qui m'engage à parler ici de deux nou-

(1) Il ne l'aurait été en effet, que dans le *Syzygites megalocarpus* Ehrnb. (*Mucor Syzygites* de By.) et le *Rhizopus nigricans* Ehrnb. (*Mucor stolonifer* de By.). Cependant MM. Tulasne ont récemment observé et décrit (*Ann. des sc. nat.* pour 1866, 5e série, t. VI, p. 212-214, pl. xx) des zygospores chez un *Mucor* (*Mucor fusiger* Lk.), ce que j'ignorais quand j'écrivis le présent mémoire. Cette nouvelle preuve de l'identité des genres *Syzygites* et *Mucor* met à peu près hors de doute que les *Syzygites* que j'ai vus étaient dans un rapport génétique ou de filiation avec les *Mucor* qui les avaient précédés.

velles formes de *Syzygites* qui se sont développées dans ma chambre durant le printemps dernier. Malheureusement je ne connais pas leur histoire tout entière, car je n'ai observé chacune d'elles qu'une seule fois et même dans un état assez avancé de végétation ; je ne pourrai donc présenter sans lacune et avec certitude toute la suite de leurs développements, aussi me bornerai-je à mentionner quelques points de détail, assuré de signaler ainsi un curieux sujet d'étude aux botanistes qui s'adonnent plus que moi à la mycologie. Et d'abord il me faut prévenir que les circonstances dans lesquelles j'ai fait mes observations, et que j'indiquerai plus bas, ne sauraient démontrer absolument que mes nouveaux *Syzygites* procèdent réellement de l'une quelconque des espèces fongines qui semblent les avoir produits; s'il en est ainsi, en effet, de nouvelles recherches plus complètes et des expériences multipliées le devront confirmer et mettre en lumière; je n'aurai fourni que la matière et l'occasion à ces futures observations.

1. — Syzygites ampelinus Hildebr. (Pl. 20, fig. 1-7.)

Le 18 avril 1866, me trouvant près de Limperich, aux environs de Bonn, je rencontrai, sur une grosse souche de vigne, une matière mucilagineuse et de couleur incarnate, une sorte de Champignon du genre *Fusisporium* de Link. Cette production est très-analogue au *Fusisp. sanguineum* de Fries, et sans vouloir lui enlever le nom qu'elle a peut-être déjà reçu des mycologues, je la désignerai ici par le nom de *Fusisporium Vitis*. Ce champignon consiste en un lacis de filaments articulés et très-branchus sur lequel s'élève un coussinet de rameaux dressés. Ces rameaux produisent tant à leur sommet que sur leurs parois latérales et par un phénomène de bourgeonnement suivi d'une désarticulation, des spores fusiformes, faiblement courbées et comme semi-lunaires. Ces spores contiennent un *plasma* transparent et finement granuleux; quand elles sont mûres, deux à cinq cloisons transversales et très-minces partagent leur cavité en trois ou six cellules. Leur diamètre, au milieu

de leur longueur, égale environ $0^{mm},004$, ce qui dépasse peu l'épaisseur des filaments de la trame fongine; leur longueur mesure $0^{mm},05$-06. Parmi les filaments constitutifs de la plante, il se trouvait çà et là des branches qui s'appliquaient les unes aux autres par de petites excroissances latérales; il en résultait entre elles des sortes d'isthmes courts, partagés par une cloison médiane qui ne se résorbait pas. Je me gardai de prendre ces soudures ou conjonctions pour les préliminaires de la génération zygosporique; d'ailleurs, je n'observai jamais en elles de plus amples développements et je les crois tout à fait étrangères au phénomène de la reproduction.

Plus tard, dans le courant de mai, ayant retrouvé dans le même lieu un fragment du *Fusisporium* dont je parle, j'en semai les spores fusiformes sur de jeunes sarments de Vigne, où leur germination s'effectua parfaitement. Chaque article de la spore commençait par se gonfler et prendre une forme arrondie, ce qui donnait au corps reproducteur entier une apparence moniliforme; en même temps, les matières contenues devenaient plus manifestement granuleuses, puis les deux bouts de la spore ou une extrémité seulement s'allongeait en un fil délié; parfois aussi quelqu'une des cellules moyennes de la spore germait de la même manière. Je vis une fois deux spores qui, par leurs germes soudés en manière de pont ou d'isthme transversal, se trouvaient jointes l'une à l'autre. Répandues sur la chair d'une Courge, tantôt les spores germaient directement, tantôt elles se dissociaient en leurs articles composants, lesquels après avoir un peu grossi germaient à la manière ordinaire. Il ne me fut pas donné de rien observer de plus que ces premiers moments de la germination.

Mais revenons maintenant à l'exemplaire de notre Champignon rapporté vivant de Limperich. Détaché de son support de façon qu'il n'en retînt aucune parcelle, il fut mis dans une coquille et déposé dans une terrine recouverte d'une lame de verre; cette terrine renfermait alors des Fougères, des Mousses, etc., mais aucune sorte de Champignon n'y végétait. Peu de jours après, sûr la matière muqueuse et rose dont je

parle se trouvait un *Mucor* en pleine fructification; les sporanges de cette moisissure, que j'appellerai désormais *Mucor Vitis*, étaient d'une couleur jaunâtre et rosée, ils imitaient la teinte propre au *Fusisporium Vitis;* la plupart étaient terminaux; rarement ils naissaient de branches latérales; leur diamètre variait entre 9 et $10^{mm}/182$ (0^{mm},0494-0,0549); chacun d'eux renfermait une columelle volumineuse autour de laquelle étaient distribuées des spores elliptiques ou arrondies, mais jamais anguleuses, larges de 0^{mm},004 et longues de 0^{mm},006, ou larges de 0^{mm},003 et longues de 0^{mm},004. Les sporanges latéraux étaient un peu plus petits que les fruits terminaux, et leur columelle était aussi moins développée. Tous les sporanges après leur déhiscence montraient la columelle entourée à la base par les débris du tégument externe comme par une sorte de collerette. Des spores qui s'étaient desséchées vers la fin du mois d'avril, je fis un semis, le 25 mai suivant, sur la pulpe d'une Courge-turban; là elles grossirent très-inégalement jusqu'au lendemain et une ou plusieurs vacuoles parurent dans leur sein; puis une papille latérale se montra et s'accrut en un filament qui fut promptement ramifié. Il ne se forma point de cloisons vraies dans ces jeunes filaments, mais comme ils renfermaient beaucoup de vacuoles, le *plasma* interposé à celles-ci simulait parfois des diaphragmes membraneux. Les points semés de spores de *Mucor* étaient le 27 mai sensiblement tuméfiés, les filaments fongins y étaient très-rameux, et dans la soirée du même jour, je les trouvai couverts de sporanges déjà mûrs pour une grande partie. Ces conceptacles étaient faiblement teintés de brunâtre et différaient un peu de ceux de la plante mère, ce qui pouvait dépendre de leur *substratum* particulier; d'ailleurs, les semis répétés que j'ai faits du *Mucor Vitis* me confirment bien dans la pensée que les fruits dont je parle appartenaient réellement à cette Mucédinée.

Qu'on me permette encore ici une courte digression à propos de ce qui résulte de mes semis de *Mucor Vitis*. Ayant répandu les spores de ce Champignon sur du pain bis, il en provint un *Mucor* sensiblement plus grand et dont les sporanges étaient

d'abord d'un brun clair; quand les filaments qui les portaient n'avaient encore qu'une longueur inappréciable, ils étaient couverts de gouttelettes de rosée à la manière du *Pilobolus cristallinus*. Plus tard, ces filaments s'allongeaient rapidement, ils prenaient une apparence soyeuse et tout le gazon mucédinique semblait comme crépu; les sporanges étaient alors devenus noirs. Les spores retirées de ces derniers, et semées à leur tour, aussi sur du pain bis, reproduisirent le même *Mucor* pendant plusieurs générations. Enfin, après quelque temps de végétation, les mêmes filaments, qui portaient un gros sporange à leur extrémité, émirent plusieurs branches latérales terminées par des sporanges sensiblement plus petits. Quelques-uns de ces derniers n'atteignaient pas le volume de la columelle des gros sporanges; d'autres offraient des dimensions intermédiaires. Déjà quand j'étudiais le *Mucor Vitis* primitif, j'avais rencontré dans un pulvinule des filaments très-ramifiés et munis de sporanges latéraux ou secondaires plus petits que les fruits terminaux. Après une culture prolongée sur le pain bis, beaucoup de filaments se cloisonnent; parmi leurs cellules, les unes, qui sont très-allongées, contiennent à peine quelques granules; les autres, beaucoup plus courtes, sont riches en matières plastiques et servent à la propagation de la plante. Ces sortes d'arthrospores et les sporanges globuleux et latéraux se voient parfois sur le même filament; le polymorphisme est ici surprenant.

Il y a maintenant lieu de se demander si le *Mucor Vitis* est réellement, avec le *Fusisporium Vitis*, dans un rapport de filiation ou de dépendance génétique, ou bien s'il n'est pas plutôt né de spores adventives et n'a pas seulement usé du *Fusisporium* comme d'un sol favorable à son développement. A cet égard, je ne saurais rien décider, parce que je n'ai vu aucune soudure ou continuité entre les filaments des deux Champignons et que la culture du *Fusisporium* ne m'a pas réussi au delà de ce que j'en ai dit plus haut. L'uniformité de couleur des deux plantes, leur succession dans un espace clos, ou du moins assez bien isolé de l'atmosphère ambiante, enfin une semblable épaisseur dans les

filaments, sont autant de circonstances qui parlent, ce semble, en faveur d'une relation génétique. Les futurs observateurs auront à rechercher si, à la végétation du *Fusisporium* dans une place déterminée succède toujours, comme superposée, celle du *Mucor;* s'il n'en arrive point ainsi, il faudra supposer que mon *Fusisporium* étant cultivé dans un vase imparfaitement fermé, une spore de *Mucor Vitis* y aura été apportée par un courant d'air et y aura donné naissance à cette moisissure.

Après que le *Mucor Vitis* eut végété quelques jours dans la coquille où je l'avais mis, j'en détachai un fragment pour en faire une préparation microscopique durable et je laissai le reste se dessécher; puis, peu de jours après, m'étant pris à observer avec plus de soin ce fragment qui était resté dans l'eau, je trouvai, à la base du gazon mucorin, un tissu de filaments rempli de magnifiques zygospores. Alors malheureusement tout ce que contenait la coquille était desséché, j'y retrouvai à la vérité d'abondantes zygospores, mais je ne pus rien y voir de leurs commencements; toutes mes observations sur ce *Syzygites*, que je qualifierai désormais d'*ampelinus* pour rappeler ce que son origine a de commun avec un tronc de Vigne, ont donc été faites avec le fragment mis à part pour être préparé, ainsi que je l'ai dit plus haut. Cette circonstance devait peut-être me déterminer à attendre pour parler de la plante en question qu'une seconde occasion, plus favorable que la première, s'offrît à moi de l'étudier, mais j'ai préféré, dans l'incertitude de retrouver jamais moi-même cette occasion, signaler ma plante à l'attention des mycologues et provoquer à son sujet de plus amples recherches.

Le phénomène copulatif dans ce *Syzygites* me paraît avoir lieu de la manière suivante. De ses filaments constitutifs, où se voient çà et là quelques cloisons, naissent des branches latérales (fig. 1) qui, par leurs extrémités, s'appliquent deux à deux les unes aux autres. L'origine de ces branches constitue pour notre plante un signe distinctif important, si on la compare au *Syzygites megalocarpus;* ces branches, en effet, ne naissent jamais opposées l'une à l'autre d'un seul et même filament, et

elles ne s'inclinent pas l'une vers l'autre comme les branches d'une tenaille, ainsi qu'il arrive dans le célèbre Champignon d'Ehrenberg; elles procèdent toujours sans exception de filaments différents (fig. 3 et 4), du moins je n'ai jamais pu, dans l'enchevêtrement du feutre fongiu, saisir des relations de continuité entre les filaments qui leur donnent naissance. Les extrémités conjuguées sont chacune séparées de leur support ou *podocyste* par une cloison (fig. 3, *a*) ; j'ignore si ce diaphragme précède la copulation; peut-être le pourrait-on induire de ma figure 2, si elle ne représente pas seulement une cellule copulative violemment et artificiellement séparée de celle qui lui aurait été jointe. Toutefois la cloison dont je parle préexiste certainement à la destruction de celle qui sépare longtemps les utricules conjugués (fig. 3, *a*). Les supports de ces utricules sont tantôt pourvus tous les deux d'une cloison basilaire isolant leur cavité de celle du filament qui les porte, tantôt l'un d'eux seulement présente cette cloison, ou même tous les deux en sont privés (fig. 3 et 4, *d*); ces diversités correspondent à la distribution très-irrégulière des cloisons dans le reste de la plante.

Les cellules conjuguées du même couple sont identiques pour la forme, le volume et le contenu; elles ne sont plus qu'une seule et même cellule quand la cloison qui les sépare se détruit (fig. 4, *b*) ; ainsi se forme la zygospore qui continue de s'accroître. Elle est d'abord plus ou moins étranglée au milieu (fig. 4, *c*), là où les cellules copulatives se sont soudées, et déjà on voit à sa surface de petites protubérances comme il s'en trouve sur la cuticule de certains poils et de divers grains de pollen. Puis la zygospore grossit encore et prend une forme régulièrement globuleuse (fig. 3 et 4, *d*); les granulations de sa surface s'accroissent en petites éminences obtuses; finalement elle atteint en diamètre 8-12^{mm}/182, le plus souvent 9/182; elle devient brunâtre, puis d'un brun obscur, et une ou plusieurs gouttes d'huile s'engendrent dans son sein. A ce moment de la maturité de la spore, on peut la dépouiller de son tégument extérieur, verruqueux et coloré ; sa tunique interne est tout à fait lisse et ne pénètre pas dans les saillies du tégument.

brun (fig. 7). Ces saillies sont en effet solides et non creuses, comme c'est le cas chez le *Syzygites megalocarpus*.

Il convient de noter qu'ici les supports des zygospores ne se renflent point, ainsi qu'il arrive pour l'un d'eux dans chaque couple fertile du *Rhizopus nigricans*, et que notre plante est évidemment différente de cette dernière, d'ailleurs beaucoup plus grande dans toutes ses dimensions. Notre *Syzygites* ressemble encore moins au *S. megalocarpus*, dont il s'éloigne tant par la forme non arquée de ses rameaux conjugués que par le volume sensiblement moindre de ses zygospores. Je n'ai point rencontré d'azygospores.

Il eût été fort intéressant d'obtenir la germination des zygospores du *Syzygites ampelinus*, pour voir ce qu'elle produit; je n'y ai point réussi, sans doute pour avoir trop différé mes expériences, car je ne les ai tentées qu'au mois de janvier, plus de sept mois après la dessiccation de mon Champignon. La germination des zygospores devra décider des relations supposées du *Syzygites* avec le *Fusisporium Vitis*. Les filaments du premier étaient tout à fait semblables à ceux du second, surtout en ce qui touche l'irrégulière distribution des cloisons. On peut croire que dans ma chambre le *Syzygites ampelinus* est né directement du *Fusisporium Vitis*, et que le *Mucor Vitis* était étranger à l'un et à l'autre de ces Champignons; la chose n'est pourtant pas sûre, car il serait possible que le *Mucor* fût effectivement né du *Fusisporium* et le *Syzygites* des filaments de ce *Mucor*, ou que le *Fusisporium* n'eût servi que de sol nourricier au *Mucor* d'abord, puis au *Syzygites* qui en est provenu. Cette dernière supposition s'accorderait avec ce qu'on sait de la végétation du *Sporodinia grandis* sur les Champignons piléifères, végétation suivie, comme on sait, de celle du *Syzygites megalocarpus*.

2. — Syzygites echinocarpus Hildebr. (Pl. 20, fig. 8-20.)

Le *Mucor Vitis* dont j'ai parlé plus haut végétait activement sur un fragment de Courge où je l'avais semé, quand je vis naître du milieu de ses filaments un Champignon qui éleva bientôt ses

tiges chargées à l'extrémité d'un capitule de spores ovales et biloculaires, et parfois ornées en dessous d'un verticille de semblables spores. Cette plantule n'était autre que l'*Arthrobotrya oligospora* de Fresenius ; elle ne se tint pas sur la Courge ; elle envahit la coquille qui la portait, et s'éloigna suffisamment pour que ses spores se répandissent sur du pain bis qui gisait auprès. Là ces spores germèrent en produisant un filament par leur extrémité supérieure. Peu de temps après cet ensemencement, il se trouva sur le pain un *Mucor*, mais que je négligeai d'étudier sérieusement. Comme ce morceau de pain fut tenu très-humide, le Champignon qu'il portait prit une apparence mucilagineuse analogue à celle du *Fusisporium Vitis* décrit plus haut ; quelques jours plus tard apparut sur cette surface muqueuse un *Syzygites* muni de belles zygospores très-épineuses, échiniformes, et que, pour ce motif, je propose d'appeler *Syzygites echinocarpus*. J'ai cru nécessaire de faire connaître les circonstances dans lesquelles ce Champignon s'est développé chez moi ; mais je ne puis ni ne veux en conclure quoi que ce soit, touchant la nature de ses rapports avec ceux qui l'ont précédé. Le *Syzygites echinocarpus* n'a pas vécu sur le pain bis dans un espace toujours clos ; des spores pouvaient être amenées du dehors en ce point ; elles ont pu surtout y être apportées dans l'eau qui servait à humecter le pain.

Au moment où je découvris le nouveau Champignon dont je veux parler, la plupart de ses zygospores étaient déjà complétement développées : quelques-unes étaient encore en voie de formation, mais assez avancées déjà, puisque les cellules copulatives étaient conjuguées ; je ne vis qu'un très-petit nombre de ces cellules qui fussent prêtes à s'unir, et qui ne l'eussent pas fait encore (1). C'étaient tantôt des cellules terminales très-renflées (fig. 8), tantôt des rameaux latéraux, courts et épais, nés d'un filament grêle (fig. 9), et dont l'utricule extrême, gorgé de

(1) La membrane des zygospores encore imparfaites était tout à fait incolore, mais ce défaut de coloration n'était pour ces spores qu'un état transitoire, ainsi qu'on l'observe aussi chez le *Syzygites megalocarpus*. (Voy. de Bary, *Beitr. zur Morphol. der Pilze*, p. 81.)

matières plastiques et grenues, était isolé par une cloison de la cavité presque vide du filament-support. Je ne sais donc pas précisément si ces cellules particulières étaient telles avant toute conjonction, ou si elles devaient l'existence aux premiers débuts de ce phénomène. Il reste égalemeut incertain si les cellules copulatives sont closes et isolées de leur support par une cloison antérieurement au contact générateur, ou bien si cette cloison n'apparaît qu'après la conjonction, comme ce serait le cas pour le *Syzygites megalocarpus* et le *Rhizopus nigricans*, d'après Schacht (1) et M. de Bary (2). En tout cas, cette cloison dans notre Champignon est très-visible avant que les utricules conjoints aient atteint leur volume normal (fig. 10, 11 et 12), tandis qu'il n'en serait pas ainsi chez le *Syzygites megalocarpus*, d'après M. de Bary (3).

Les organes ou parties de la végétation ne constituent pas dans le *Syzygites echinocarpus* de petits buissons dressés, mais un tissu feutré et enchevêtré ; les branches conjuguées ont des positions et des origines très-variées : tantôt elles procèdent ensemble du sommet d'un rameau latéral, court, bifurqué, et dont elles représentent les bras (fig. 19), ainsi que M. de Bary l'a vu dans le *Syzygites megalocarpus* (*Beitr. zur Morphol. der Pilze*, loc. cit., pl. V, fig. 9) ; tantôt elles naissent latéralement du même filament, séparées par un faible intervalle, pour s'incliner ensuite l'une vers l'autre (fig. 20) ; en d'autres cas, elles procèdent de filaments distincts, et dont les rapports se dissimulent dans l'épaisseur du feutre mucédinique (fig. 15). Le premier et le dernier cas sont les plus rares, le second est le plus fréquent ; de sorte que notre *Syzygites*, considéré dans le mode le plus ordinaire de sa fructification, s'éloigne autant du *S. ampelinus* que du *Rhizopus nigricans*, puisque chez ceux-ci les

(1) Voyez sa *Dissertation sur le dimorphisme des Champignons* (*Mém. de la Soc. d'hist. nat. du pays Rhénan et de la Westphalie*, 1864, *Comptes rendus des séances*, p. 45).

(2) Voyez ses *Beitr. zur Morphol. und Physiol. der Pilze* (1864), p. 77, et sa *Morphologie der Pilze, Flechten*, etc., p. 160.

(3) *Beitr. zur Morph. und Phys. der Pilze*, p. 78, pl. V, fig. 9 (*Mém. de la Soc. Senkenbergienne*, 1864).

rameaux conjugués naissent de filaments différents ou de points plus ou moins distants du même filament. Les dessins de M. de Bary font également croire que chez le *Syzygites megalocarpus* la conjonction a principalement lieu entre des branches qui n'appartiennent pas au même filament.

Il est encore un détail à noter ici. Les cellules qui portent les utricules conjugués se renflent plus ou moins, postérieurement à la copulation, et poussent souvent des rameaux latéraux qui sont aussi déliés que les autres filaments de la plante; ces rameaux prennent parfois un accroissement rapide, et peuvent donner une apparence inégale aux cellules-supports ou podocystes de la même zygospore (fig. 11, 12, 16 et 18). Tantôt l'un des podocystes semble largement sessile sur le filament fertile, tandis que l'autre est porté sur une sorte de style long et grêle ; mais le premier n'est devenu tel, que parce qu'il a donné naissance à un filament qui paraît continuer le pédicelle primitif ; dans quelques cas (fig. 18), on voit distinctement la terminaison de cette branche adventive ; dans d'autres, elle s'est tellement allongée et confondue avec les autres éléments fibrilleux du Champignon, que, loin de représenter un rameau né d'un podocyste, c'est le podocyste qui semblerait en être sorti (fig. 16). Peut-être arrive-t-il quelquefois que les deux podocystes d'une zygospore poussent de semblables branches, ce qui les ferait paraître également sessiles; mais je n'ai pas rencontré ce cas. A part les cloisons qui définissent les cellules conjuguées, je n'ai point vu d'autres diaphragmes dans toute la plante.

Mais revenons au phénomène de la copulation. Quand les rameaux à ce destinés se sont rapprochés, et que leurs extrémités (avant ou après la conjonction, je l'ignore), s'étant isolées des podocystes par une cloison basilaire, sont devenues des cellules d'égal volume (et non, comme chez le *Rhizopus nigricans*, des cellules de forme et de dimensions différentes), alors ces mêmes cellules se remplissent de plasma granuleux plus abondamment que les podocystes qui se sont cependant très-renflés. C'est à ce moment où les cellules conjuguées n'ont pas atteint leur grosseur finale, mais où elles sont closes par un diaphragme basi-

laire, que la cloison qui les sépare se détruit, et que leurs cavités réciproques sont mises en communication. Jusque-là un échange de substances plastiques ne pouvait s'établir entre elles qu'à travers la membrane de cette cloison ; mais la possibilité de cet échange permettrait facilement d'expliquer les azygospores du *Syzygites megalocarpus*. On sait que celles-ci terminent certains rameaux du Champignon, et qu'elles ne se conjuguent point avec d'autres cellules ; elles ne sont pas évidemment le produit de l'union complète et entière de deux cellules copulatives, elles ne représentent chacune que l'une de ces cellules ; je présumerais donc que ces azygospores, à un certain moment de leur développement, se sont unies deux à deux, mais qu'au lieu de se confondre, elles se sont bornées à un échange de substance, à une sorte de fécondation, en suite de laquelle chaque zygospore a acquis la faculté de grandir isolément et de se transformer en une spore féconde. Cette supposition est justifiée par l'issue du phénomène complet dans les conditions normales; en effet, la spore qui en est le résultat final n'est pas, à vrai dire, le produit direct de l'union de deux cellules, car cette union a plutôt seulement provoqué son développement. Par conséquent, en ce qui regarde les azygospores, un simple échange entre deux cellules copulatives temporairement unies, à travers leurs parois contiguës, ne suffirait-il pas à donner à chacune d'elles la faculté de s'accroître isolément en une spore fertile? Peut-être reconnaîtra-t-on quelque jour l'exactitude de cette hypothèse ; mais le *Syzygites echinocarpus* ne saurait m'aider à l'étayer, car il est dépourvu d'azygospores. M. de Bary représente (*loc. cit.*, pl. V, fig. 11) deux azygospores de *Syzygites megalocarpus* opposées l'une à l'autre, de manière à faire croire qu'elles ont été primitivement conjuguées ; et Schacht paraît avoir réellement observé cette conjonction quand il dit (*loc. cit.*, p. 46) que « la confusion des deux » cellules en une seule, qui n'a lieu que plus tard, n'est pas » nécessaire à la formation de la spore ; on voit même se dis- » joindre des branches qui ont été longtemps soudées, et cha- » cune de celles-ci développer sa spore particulière, plus petite

» à la vérité que les zygospores, mais d'ailleurs régulièrement » constituée, et susceptible de germination. » Schacht ne donne cependant pas d'autres détails sur ce sujet.

Quand la cloison qui sépare les cellules conjuguées vient à se détruire, comme je l'ai dit plus haut, alors commence le développement de la zygospore ; ses podocystes, pareillement gonflés, se remplissent de matières granuleuses (fig. 12 et 13) qui passent ensuite dans sa propre cavité et déterminent rapidement son accroissement. Cet afflux de matériaux de nutrition ne cesse pas dès que la zygospore a atteint toute sa grosseur, il continue encore (fig. 15, 17 et 18) et alimente son plasma de substances assimilables, jusqu'à ce que la maturité de la spore soit annoncée par la teinte brune que prend sa membrane tégumentaire (fig. 16, 19 et 20); alors les podocystes ne contiennent pas plus de matière grenue que les autres parties de la plante.

Ces phénomènes témoignent manifestement que nous n'avons point affaire ici simplement à la réunion du plasma d'une cellule avec celui d'une autre, d'où résulterait la génération directe d'un utricule reproducteur, ainsi qu'il arrive chez les Algues conjuguées : les Zygnèmes, par exemple. On sait, en effet, que, dans ces plantes, le contenu plastique des deux cellules qui se soudent, lesquelles sont de même volume et d'égale valeur, se contracte simplement en une seule masse, s'entoure d'une membrane, et constitue la spore appelée à subir les modifications ultérieures que l'on sait ; ici au contraire, et non-seulement ici, mais encore chez tous les Champignons à zygospores, l'union de deux cellules de dignité semblable ne fait que provoquer le développement d'une spore ; le mélange des matières plastiques contenues dans ces deux cellules, qu'il soit complet et persistant comme pour les zygospores, ou seulement partiel et temporaire comme dans les azygospores, ce mélange communique au plasma qui en résulte la faculté d'attirer à lui de nouvelles matières charriées par le mycelium ; ce transport de substance est décelé par les podocystes qui se remplissent de granules, et c'est grâce à lui seulement que la spore acquiert son volume normal et le plasma qui lui est propre.

Nous avons également ici sous les yeux un phénomène très-analogue à la fécondation des plantes phanérogames, et qui tient le milieu entre celle-ci et la copulation des Zygnémacées, etc. Chez ces dernières, de la réunion des endochromes de deux utricules semblables provient immédiatement une spore; dans la fécondation des Phanérogames au contraire, cette union intervient entre des cellules dissemblables et de valeur différente, et donne lieu à la formation de l'embryon et de la graine ; le développement de la zygospore des *Syzygites* constitue un phénomène intermédiaire, dans lequel deux cellules d'égale dignité, comme chez les Zygnémées, confondent les liquides plastiques qu'elles renferment, et donnent ainsi naissance à une spore, à une graine, comme il arrive à la suite de la fécondation des plantes supérieures.

Déjà, avant que la spore de notre *Syzygites echinocarpus* ait atteint toute sa grosseur, elle commence à se couvrir de verrues (fig. 12 et 13); celles-ci se développent ensuite de plus en plus jusqu'à former autant de petits cônes aigus qui donnent à la spore une apparence hérissée; naturellement ces appendices saillants font défaut sur les côtés de la spore qui sont en contact avec les podocystes. Les spores mûres mesurent dans leur diamètre 4-6mm/91, et le plus ordinairement 5/91 ; tout d'abord elles semblent parfaitement sphériques, mais elles ne le sont point réellement, car, des deux côtés qui regardent les podocystes, elles offrent une courte saillie cylindrique. Ce défaut de sphéricité s'aperçoit surtout quand on a dépouillé la spore de son enveloppe brune et hérissée (fig. 14); alors aussi constate-t-on que le tégument intérieur est parfaitement lisse, tandis que chez le *Syzygites megalocarpus* ce même tégument est semé de verrues qui pénètrent dans les saillies creuses de l'enveloppe externe. Les spores parfaitement mûres sont colorées en brun obscur ; cette teinte, qui n'appartient qu'au tégument extérieur, s'étend non-seulement à toute la partie sphérique de la spore, mais encore à ses deux saillies latérales (fig. 16, 19 et 20), et peut-être même aussi, pour une faible part, à la membrane des podocystes, si je n'ai pas été victime de quelque illusion d'optique.

Les spores de mon *Syzygites* avaient mûri au mois de mai, et j'en conservai une partie sur une feuille de papier ; quand je les observai de nouveau au mois de janvier de l'année suivante, chacune d'elles renfermait une grosse goutte d'huile ; mais je ne pus en obtenir la germination, parce que sans doute elles étaient restées trop longtemps desséchées.

Le *Syzygites* dont je viens de parler ne saurait être confondu avec aucun de ceux connus jusqu'à présent ; je n'insisterai donc pas sur ses caractères distinctifs, qui consistent surtout dans l'exiguïté de ses zygospores et la nature épineuse de leur tégument. Les lacunes que j'ai dû laisser dans l'histoire de ce Champignon seront comblées quelque jour, il faut l'espérer, par un observateur plus heureux.

En achevant ce travail, je dois dire une fois encore qu'il m'est impossible d'affirmer la réalité d'une dépendance ou d'une relation génétique entre les *Syzygites* que j'ai décrits et les Champignons qui les ont précédés dans mes cultures ; seulement je ne pouvais ne pas signaler les circonstances qui ont accompagné le développement successif de ces productions, et si je me hasarde à publier des observations évidemment trop incomplètes, c'est principalement pour apporter mon faible contingent à la connaissance d'un mode de fructification rarement observé, et pour en signaler aux mycologues des exemples qui s'offrent sous des proportions plus exiguës que dans le *Syzygites megalocarpus* et le *Rhizopus nigricans*.

On est en droit de présumer que, suivant le cours naturel des choses, les deux formes de zygospores dont je viens de parler produisent des Champignons pourvus d'une tout autre fructification que les *Syzygites*, et que peut-être en naît-il les *Mucor* que j'ai eu à signaler. D'après les observations de Schacht et de M. de Bary, les spores du *Syzygites megalocarpus* donnent naissance au *Sporodinia grandis*, lequel, d'un autre côté, avait précédé lui-même le *Syzygites*. La fructification du *Sporodinia grandis* étant très-analogue à celle des *Mucor*, je suis d'autant plus autorisé à croire que les *Mucor* qui ont prévenu l'apparition de mes deux *Syzygites* ont avec eux une parenté réelle.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 18.

Achlya racemosa Hildebr.

Fig. 1. Exemplaire très-rameux montrant des zoosporanges à divers états de développement.

Fig. 2. Un zoosporange vu peu de temps avant sa maturité.

Fig. 3. Deux zoosporanges. Au devant de l'ouverture du conceptacle médian, terminal et cylindrique, se voient encore amoncelées les dépouilles des zoospores qui ont pris leur essor; les deux bouches de l'autre zoosporange ont devant elles les zoospores qui viennent d'en sortir, mais qui ne se sont pas encore dépouillées de leur tunique propre.

Fig. 4. Zoospores vues sous diverses faces; quelques-unes germent.

Fig. 5. Fragment du pulvinule d'une plante à oogonies.

Fig. 6. Extrémité de rameau fertile qui porte une oogonie.

Fig. 7. Oogonie et premiers commencements d'un rameau anthéridiophore.

Fig. 8 et 9. Oogonies après la fécondation opérée; les tubes anthéridiens qui ont traversé la paroi primitivement continue de l'oogonie, sont encore visibles; les spores sont enveloppées d'une membrane.

PLANCHE 19.

Fig. 1-6^{a}. *Achlya lignicola* Hildebr.

Fig. 1. Zoosporange terminal dont les spores sont sorties; la plupart de celles-ci se sont dépouillées de leur tégument; au-dessous du zoosporange existe une oogonie, mais il ne s'est point encore formé de branche anthéridique.

Fig. 2. Zoosporange terminal; une partie des spores se sont dépouillées dans sa cavité même; du même filament, à quelque distance du conceptacle, naît une oogonie munie de deux branches anthéridiques encore imparfaitement développées.

Fig. 3. Oogonie avec quatre rameaux anthéridiophores complets.

Fig. 4, 5 et 6. Oogonies au moment de la fécondation. La figure 5 montre à gauche la naissance d'un processus anthéridien, et à droite un semblable processus ayant déjà atteint les gonosphères; dans la figure 4 on voit un tube anthéridien ramifié.

Fig. 6$_{a}$. Oogonie munie de branches anthéridiques naissantes.

Fig. 7-11. *Achlya polyandra* Hildebr.

Fig. 7. Zoosporange qui vient d'être évacué; au-dessous de sa base naît un court rameau latéral.

Fig. 8 et 9. Oogonies et branches anthéridiophores ramifiées.

Fig. 10 et 11. Oogonies transpercées par les tubes anthéridiens. Dans la figure 11, qui est vue d'en haut, une des anthéridies a émis deux processus; la figure 10 est vue de profil.

Fig. 12-23. *Leptomitus brachynema* Hildebr.

Fig. 12. Portion de filament stérile.

Fig. 13. Débuts de la formation d'une série de zoosporanges.

Fig. 14. Autre série de sporanges dont les deux plus âgés sont déjà vides.

Fig. 15 et 16. Zoosporanges qui se vident.

Fig. 17. Sporange terminal devenu vide et accompagné de deux autres qui sont latéraux et encore pleins.

Fig. 18. Trois zoosporanges vides et un quatrième plus jeune, qui ne l'est pas.

Fig. 19 et 20. Sporanges géminés, remplis de plasma dans la figure 19 et complétement vides dans la figure 20.

Fig. 21. Deux zoosporanges actuellement vides qui ont vraisemblablement été primitivement terminaux, et un zoosporange terminal et plein (voyez plus haut, p. 328 et 329).

Fig. 22. Groupe de trois zoosporanges dont l'un est plein et deux complétement vides.

Fig. 23. Rameau latéral et court terminé par une cellule globuleuse que j'ai supposée devoir devenir une oogonie.

PLANCHE 20.

Toutes les figures de cette planche sont grossies 280 fois en diamètre.

Fig. 1-7. *Syzygites ampelinus* Hildebr.

Fig. 1. Filament duquel naît un rameau destiné à la copulation.

Fig. 2. Rameau de cette sorte dont l'extrémité est devenue une cellule définie par une cloison. Je ne sais si cette cellule n'avait pas déjà peut-être subi le contact d'une autre cellule copulative.

Fig. 3. Parcelle du tissu filamenteux de la plante, montrant des zoospores à divers degrés de développement : en *a*, le diaphragme interposé aux cellules conjuguées n'est pas encore rompu ; en *b*, il a disparu et la zygospore est déjà verruqueuse ; *d*, spore mûre.

Fig. 4. Autres zygospores diversement accrues ; en *b*, on voit un état intermédiaire entre *a* et *b* de la figure précédente.

Fig. 5. Jeune zygospore dont les deux podocystes sont isolés par une cloison du filament qui les porte : dans les figures précédentes cette cloison n'existe généralement pas.

Fig. 6. Zygospore encore incomplète et dont l'état de développement est intermédiaire entre celui des spores *c* et *d* de la figure 4.

Fig. 7. Spore mûre dépouillée de son tégument ; elle contient une goutte d'huile.

On a négligé dans ces dessins de figurer le contenu de la plupart des cellules, parce qu'ils ont été faits d'après des préparations conservées depuis trop longtemps pour permettre d'y rien voir de sûr sous ce rapport.

Fig. 8-20. *Syzygites echinocarpus* Hildebr.

Fig. 8 et 9. Rameaux destinés à la copulation dont l'extrémité est déjà une cellule close. Ont-ils ou n'ont-ils pas, en cet état, été déjà en contact avec d'autres cellules copulatives, c'est ce que je ne saurais décider.

Fig. 10. Deux jeunes branches copulatives, vues au moment de leur conjonction.

Fig. 11. Autres semblables, vues après la destruction du diaphragme médian.

Fig. 12 et 13. Zygospores plus avancées dans leur développement : elles commencent à se hérisser de pointes ; les podocystes sont pleins de matière granuleuse.

Fig. 14. Zygospore mûre dépouillée de sa tunique externe.

Fig. 15, 17 et 18. Zygospores qui ont acquis leur volume normal sans être encore parfaitement mûres ; les podocystes sont encore gorgés de matières plastiques. L'origine des filaments copulatifs n'est pas la même dans les figures 15 et 17; la figure 18 montre un podocyste qui émet un rameau latéral.

Fig. 16, 19 et 20. Zygospores mûres. Le contenu granuleux des podocystes est actuellement presque entièrement disparu ; les rameaux copulatifs ont une origine différente dans les trois figures (voy. p. 340). Les pointes qui hérissent les zygospores ont été représentées trop pressées.

Bonn, 20 février 1867.

SUR LA FORMATION
D'UNE FÉCULE PASSAGÈRE OU TRANSITOIRE
DANS LE BOULEAU (1),

Par M. le Dr A. FAMINTZIN et M. J. BORODIN.

Traduit des « *Mélanges biologiques*, tirés du *Bulletin de l'Académie impériale des sciences de Saint-Pétersbourg*, t. VI, p. 294-302 (*Bulletin*, t. XII, juillet 1867, p. 113-120).

Les observations dont nous voulons parler ici ont été principalement faites durant l'hiver dernier sur des rameaux de Bouleau détachés vivants du tronc qui les portait et conservés frais dans une chambre, l'extrémité inférieure plongée dans l'eau; les résultats que nous avons obtenus de ces recherches ont été vérifiés au printemps sur des arbres qui croissaient en plein air, et nous avons été assez heureux pour qu'une parfaite concordance se soit rencontrée entre ces deux séries d'expériences.

Quand on examine, en hiver, une branche vivante de Bouleau, sous le rapport de sa richesse en fécule, cette matière y semble assez rare, surtout dans les petits rameaux (2); la moelle seule en contient une quantité plus considérable; l'écorce et le bois en paraissent presque entièrement privés; les rayons médullaires du bois, au moins dans les rameaux d'un an, sont aussi pauvres que le bois lui-même, leur contenu ne prend ordinairement qu'une coloration brune dans la teinture d'iode. Cependant cette dernière circonstance n'est pas un fait constant, car on trouve des rameaux dont les rayons médullaires et le parenchyme ligneux renferment des grains très-reconnaissables d'amidon. Quoi qu'il en soit, la fécule emmagasinée par le végétal comme provision de réserve a surtout, ce semble, sa place dans la racine. Un Bouleau d'une trentaine d'années,

(1) « *Ueber transitorische Stärkebildung bei der Birke.* »

(2) Cette pauvreté relative des brindilles a aussi été remarquée et mentionnée par Schröder, dans ses *Observations sur la séve printanière du Bouleau* (*Archives d'hist. nat. pour la Livonie, l'Esthonie et la Courlande*, 2e série, t. VII).

qui fut abattu le 16 février de cette année dans le jardin de notre université, me permit de constater une différence très-sensible entre le tronc et la racine au point de vue de leur richesse respective en fécule; une goutte de solution iodique déterminait sur le bois de la racine une tache d'un brun foncé, et seulement une tache d'un jaune pâle sur le bois du tronc. Les procédés et les réactifs de la chimie appliqués à l'examen microscopique des tissus me firent voir une fécule abondante dans les diverses régions de la racine, telles que la moelle, les rayons médullaires, le bois et le parenchyme cortical. Ces mêmes parties dans le tronc aérien contenaient aussi de la fécule, mais en bien moindre quantité, et la moelle, de même que les rayons médullaires, en était çà et là complétement dépourvue.

Un fait digne de remarque et d'une grande importance pour ce qui nous reste à dire, c'est que les chatons mâles, aussi bien que les bourgeons à feuilles qui, comme on sait, renferment les jeunes chatons femelles, n'offrent en hiver, même à l'observateur le plus attentif, aucune trace de fécule, si ce n'est dans quelques rares cellules de la moelle et de l'écorce, où cette matière apparaît parfois en quantités extrêmement faibles. Ce serait le plus souvent en vain qu'on emploierait alors le réactif recommandé par M. Sachs pour déceler la présence des moindres parcelles de fécule. L'attention doit aussi se porter sur certaines particularités qui s'offrent dans les rameaux de l'année, au-dessous des bourgeons à feuilles, à la partie supérieure des entre-nœuds. Si l'on fait une coupe transversale de l'un de ces rameaux, juste au-dessous d'un bourgeon, on y distingue deux corps ligneux séparés dont chacun possède une moelle distincte. L'un d'eux appartient évidemment au bourgeon, l'autre au rameau. Plus bas ils se confondent en un seul, ce qui donne à la moelle coupée transversalement au point de jonction la figure de deux cercles confluents. Les groupes de faisceaux vasculaires du bourgeon et ceux du rameau se distinguent déjà facilement les uns des autres, à cause de la diversité de nature de la moelle qu'ils étreignent. La moelle du bourgeon est faite de cellules dont les parois sont minces; à ce

la fécule y disparaît d'abord au-dessous des bourgeons en voie d'évolution, dans leur moelle et dans le parenchyme cortical environnant. Les jeunes pousses n'offrent bientôt plus que des grains très-fins d'amidon, et seulement dans cette couche amylifère des faisceaux vasculaires signalée d'abord par M. Hanstein (1) et décrite avec plus de détail par M. Jules Sachs (2). Dans l'axe des chatons, l'amidon disparaît d'abord du parenchyme cortical périphérique, puis de la moelle et des rayons médullaires. Là où elle persiste le plus longtemps, c'est certainement dans la couche dite amylifère; elle s'y trouve souvent encore à l'état de grains très-fins lors de la déhiscence des anthères; mais plus tard elle y est aussi complétement résorbée.

Nous avons également vu dans le pollen cette fécule transitoire, mais toujours quelques jours plus tard que dans les autres organes. En hiver et à l'air libre, le pollen encore imparfait du Bouleau ne contient aucune trace d'amidon. Sur les branches tenues dans l'eau et dans une chambre chauffée, le pollen demeure aussi longtemps sans offrir de fécule, quoique les autres parties des rameaux s'en remplissent abondamment. C'est seulement quand la résorption de cette substance commence dans l'axe du chaton que sa présence se manifeste dans les grains du pollen, et ceux-ci, longtemps avant la déhiscence des anthères, sont déjà très-riches en fécule; ils demeurent tels pendant leur dispersion et jusque sur les papilles stigmatiques. Cette formation de fécule dans le pollen et la résorption simultanée de celle qui existe antérieurement dans l'axe du chaton ont également lieu de bas en haut, c'est-à-dire de la base de l'épi à son sommet.

Jusqu'où s'étend dans les vieilles branches du Bouleau cette formation de fécule transitoire? a-t-elle lieu dans tous les mérithalles des rameaux de l'année? peut-elle être constatée dans les rameaux de deux ans? C'est ce que nous ne saurions dire jusqu'à présent.

(1) *Loc. cit.*, p. 25.
(2) Voyez son mémoire *Sur les substances qui fournissent des matériaux pour l'accroissement des membranes cellulaires*, dans Pringsheim, *Jahrb. für wiss. Bot.*, 1862, t. III, p. 194 et suiv.

Tous les phénomènes que nous venons de rapporter, nous en avons renouvelé l'observation, au printemps et à l'air libre; seulement, ils demandaient alors pour se produire un espace de temps beaucoup plus long, ce qu'il faut sans doute attribuer, pour une bonne part à la température exceptionnellement basse, que cette saison a présentée cette année dans notre pays. Au 27 avril, les axes des chatons vivants et les entre-nœuds des brindilles étaient riches en fécule. Il en était de même le 29 mai, et la fécule commençait alors de se former dans le pollen. Le 3 juin, les grains de pollen étaient gorgés de fécule, tandis que cette matière était en train de disparaître des axes des chatons et des entre-nœuds.

Ces observations ne sauraient décider la question de savoir si la fécule temporaire ou transitoire qui se trouve si abondamment dans les jeunes rameaux avant l'allongement des bourgeons, s'est formée là où on la voit, ou bien si elle y est venue toute faite de quelque autre point de la plante. Si l'on a égard aux circonstances que je vais exposer, la première supposition semblera la seule admissible.

D'abord les phénomènes ci-dessus rapportés se produisent, comme nous l'avons dit, même dans les branches séparées du tronc ; et pendant que les brindilles se remplissent de fécule, les autres parties de la branche sont plutôt le siége d'une sorte de va-et-vient de cette substance.

D'autre part, la formation et la disparition de la fécule ont même lieu dans les chatons détachés de l'arbre, comme le montre l'expérience suivante. Recherchant tout d'abord par la méthode de M. Sachs quelle était la teneur en amidon de la base de l'axe de ces châtons, nous nous assurâmes qu'il y en avait à peine ou que cette matière ne s'y trouvait qu'en quantité insignifiante. Puis les chatons furent placés sur de la terre humide et recouverts d'une cloche de verre. Des observations réitérées nous ont prouvé que dans ces conditions la fécule apparaît passagèrement de la manière qui a été signalée plus haut, aussi bien dans l'axe des chatons que dans le pollen ; l'expérience donne le même résultat si l'on substitue à la terre du sable humide.

Les résultats principaux des observations qui précèdent peuvent se résumer ainsi :

1. Dans les chatons et les brindilles du Bouleau, il se forme au printemps de la fécule aux dépens du contenu des cellules où on la rencontre, et l'existence de cette fécule n'est que passagère et comme transitoire.

2. En effet, la fécule ainsi formée dure peu de temps et est employée au profit de l'évolution des chatons et de l'allongement des bourgeons en nouvelles pousses.

3. Le pollen est aussi le siége d'un semblable développement passager de fécule, mais ce phénomène s'y montre tardivement. Cette fécule s'observe dans les grains de pollen qui ont rencontré le stigmate et qui y ont déjà émis de courts boyaux, ainsi que nous l'avons constaté à l'air libre; elle ne disparaît que plus tard.

4. Quant à la matière qui, dans les circonstances indiquées, sert à former la fécule, nous ne saurions en rien dire de précis. A la vérité, on trouve en hiver la moelle et le parenchyme cortical de l'axe des chatons tout remplis d'une matière huileuse, mais nous laissons à découvrir s'il y a quelque corrélation entre cette matière et la formation amylique en question, nous nous bornons à remarquer que cette même matière oléagineuse diminue dans la mesure que la fécule s'engendre et qu'elle finit par disparaître tout à fait La fécule transitoire dont nous parlons semble conséquemment très-analogue à celle qu'a vue M. Sachs dans les cotylédons ou l'endosperme des graines oléagineuses au moment de leur germination (1).

5. Enfin, il nous faut encore noter qu'une formation transitoire de fécule a été aussi observée dans les chatons mâles du *Populus nigra*, et qu'elle y constitue un phénomène tout semblable à celui que le Bouleau nous a permis d'étudier.

(1) Voy. Sachs, *loc. cit.*, p. 213 et suiv. (*Note de l'auteur.*) Les lecteurs des *Annales* se rappelleront aussi sûrement à ce propos les nombreuses recherches et observations de M. Arthur Gris, qui ont été publiées dans ce recueil. 4[e] série, t. XIII, 1860, p. 109-144, pl. 3-8, et 5[e] série, t. II, 1864, p. 5-123, pl. 1-14. (*Note du traducteur.*)

MÉMOIRE

SUR LA

MULTIPLICATION ET LA REPRODUCTION DES DIATOMÉES

Par M. le comte F. CASTRACANE des ANTELMINELLI.

[Traduit des *Archives de l'Académie pontificale des* NUOVI LINCEI, session IV, du 19 avril 1868 (1).]

Les perfectionnements apportés en ces dernières années à la construction des microscopes ont permis de découvrir une infinité de formes nouvelles parmi les végétaux inférieurs, et surtout parmi les Diatomées dont on ne connaissait guère que deux ou trois espèces à la fin du siècle passé, tandis qu'aujourd'hui M. de Brébisson en compte au moins deux mille. Pourtant si la somme s'est beaucoup accrue des faits destinés à éclairer l'histoire naturelle de ces êtres intéressants, on ne saurait malheureusement dire que la connaissance de leur mode de développement et de toute leur économie organique ait fait d'aussi grands progrès. Cette situation doit sans doute être attribuée pour une part au désir trop naturel à tout botaniste d'attacher son nom à la découverte de quelque espèce encore ignorée; ce qui fait que la plupart des observateurs se livrent trop exclusivement à la recherche des formes nouvelles; mais on ne peut méconnaître la difficulté qu'il y a à suivre le développement d'organismes d'une si merveilleuse petitesse que sont les Diatomées, difficulté telle, que l'observateur attend le plus souvent du hasard la satisfaction d'assister aux diverses phases de la vie organique de ces plantules. De là la nécessité d'examiner avec une extrême attention tout ce qu'offre le champ du microscope, surtout quand on a sous les yeux des Diatomées vivantes, car ce sont en effet des espèces vivantes qu'il faudrait observer tous les jours et dans toutes les saisons de l'année, pour arriver à connaître toutes les

(1) M. l'abbé Fr. Castracane a publié dans le même recueil (session II, du 9 février 1868) une autre note sur les Diatomées, sous le titre de *Cenni storici e generali sulle Diatomee*. (TRAD.)

circonstances du développement de ces petits êtres. Il importerait, en outre, à l'observateur de posséder une exacte connaissance de tous les faits acquis par les recherches de ses devanciers, de les avoir présents à la mémoire pour les comparer avec ce qu'il voit lui-même, afin de noter plus sûrement tout détail nouveau capable de rectifier ou d'éclaircir les observations antérieures, voire même de révéler quelque loi biologique demeurée inconnue.

La fin providentielle des Diatomées est de vivifier l'immensité des mers et toutes les eaux douces et saumâtres en y décomposant sous l'influence de la lumière l'acide carbonique et en mettant l'oxygène en liberté; aussi nous faut-il supposer que des êtres d'une telle petitesse doivent jouir d'une incroyable énergie de reproduction pour satisfaire par le nombre à l'importance du rôle qu'ils ont à remplir. Le mode le plus apparent de reproduction ou de multiplication chez les Diatomées consiste dans un phénomène de dédoublement ou de fissiparité (1), analogue à celui qu'offrent les algues unicellulaires et autres protophytes, et aussi, pourrions-nous dire, à la faculté principale de toute cellule végétale. Cette division commence ici, comme chez les Desmidiées, par un mouvement interne de la masse granuleuse ou endochromique qui tend à se séparer en deux portions; celles-ci se transportent aux extrémités des frustules, elles s'appliquent aux deux valves, pendant qu'a lieu la sécrétion de deux lamelles siliceuses ou de deux valves probablement enveloppées sur leurs deux faces d'une mince couche muqueuse, sinon d'une membrane véritable. Ces deux nouvelles lamelles siliceuses sont la contre-partie des deux valves primitives, elles présentent les mêmes caractères et les mêmes particularités de structure. La cellule primitive se trouve ainsi partagée en deux nouvelles, formées chacune d'une vieille valve et d'une nouvelle, et ayant chacune un bord ou ceinture siliceuse, ainsi que je l'ai déjà montré, au moins dans les genres *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Eunotia* et *Grammatophora*.

Chez quelques espèces, les deux frustules ou individus nou-

(1) Voyez à ce sujet les *Considérations sur les Diatomées* de M. A. de Brébisson, p. 5. (Falaise, 1838.) (TRAD.)

veaux demeurent libres et vivent chacun d'une vie indépendante, jusqu'à ce qu'à leur tour ils subissent une nouvelle déduplication. Mais il est beaucoup d'espèces où les nouveaux frustules adhèrent imparfaitement les uns aux autres par un angle, comme on le voit dans les genres *Diatoma*, *Grammatophora*, *Tabellaria*, *Isthmia*, *Biddulphia*; ou bien ils demeurent exactement contigus par le côté, ainsi que le montrent les *Odontidium*, *Himantidium*, *Denticula*, *Meridion*; en d'autres cas, ils restent emprisonnés dans une substance muqueuse sans forme précise ou disposée en manière de tube ou de fronde.

Ce phénomène de multiplication dans les Diatomées est une sorte de génération, une extension de la vie individuelle, phénomène dont une infinité d'exemples s'offrent d'eux-mêmes à l'attention de quiconque s'applique à l'étude des lois générales du monde végétal. Mais toute plante capable de se multiplier par gemmes et boutures, peut aussi ordinairement se reproduire par graines. On ne peut donc supposer que les membres de l'intéressante famille des Diatomées ne soient pas aussi pourvus de la faculté de se reproduire par graines ou semences. Tout ce que savait à cet égard feu le professeur William Smith se trouve exposé dans son ouvrage, devenu classique, le *Synopsis of British Diatomaceæ*, tant d'après les belles observations de l'auteur, que d'après celles de MM. Thwaites, Griffith et Carpenter. Trente et une espèces différentes, appartenant à dix-sept genres, ont offert des exemples d'un phénomène de conjugaison semblable à celui qui a lieu chez les Desmidiées. De cette conjugaison résulte la formation d'un ou deux sporanges et d'un ou deux frustules sporangiaux ou carpiques (1). Les circonstances qui accompagnent le phénomène varient, et Smith, pour ce motif, distingue quatre cas : 1° De deux frustules conjugués naissent deux sporanges, comme on le voit dans les genres *Epithemia*, *Cocconema*, *Encyonema* et *Colletonema*; 2° la conjonction de deux frustules n'engendre qu'un seul sporange,

(1) Les rédacteurs des *Annales des sciences naturelles* ont publié la traduction de trois notes ou mémoires de M. Thwaites sur *La conjugaison des Diatomées*, dans la 3e série de ce recueil, t. VII (1847), p. 374-375; t. IX (1848), p. 60-62, pl. 2 et 3; et t. XII (1849), p. 5-20, pl. 1 et 2. (TRAD.)

ainsi qu'il arrive dans l'*Himantidium*; 3° les deux valves d'un seul frustule se séparent, le contenu croît rapidement en volume et finalement se condense en un sporange unique, comme c'est le cas pour les *Cocconeis*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Orthosira* et *Schizonema*; 4° enfin les deux valves d'un même frustule se séparant comme il vient d'être dit, une conjugaison donne lieu à la formation de deux sporanges dans les genres *Achnanthes* et *Rhabdonema*.

La formation d'un ou deux sporanges, comme résultat de la conjugaison, caractérise évidemment un mode de reproduction de l'espèce par germes, cette voie de propagation qui est la plus ordinaire aux êtres du règne végétal, de sorte que le sporange peut être considéré comme l'organe destiné à élaborer et à mettre au jour les germes fécondés. Tout ceci, néanmoins, est resté jusqu'ici enveloppé de tant d'obscurité, que l'auteur du *Synopsis* des Diatomées d'Angleterre se borne à dire qu'*il lui semble* que le produit du sporange est une nichée de Diatomées.

Le professeur Carpenter n'est pas plus explicite dans le livre estimé qu'il intitule : *The microscope and its revelations;* il penche à croire à la multiplication des Diatomées par la division de leur endochrome en gonidies qui seraient mises en liberté sous la forme soit de zoospores agiles, soit de spores fixes et immobiles. Cette alternative incertaine rappelle l'opinion de Focke qui, en rapportant quelques observations favorables à la multiplication par germes, étaie son sentiment sur les lois de l'analogie et montre la condition de tous les autres protophytes qui ne se multiplient pas seulement par la division de leurs cellules constitutives, mais bien aussi, comme tous les êtres tant végétaux qu'animaux, par le fait d'un concours sexuel.

Pourtant, si je ne m'abuse, assez d'observations se trouvent déjà consignées qui autorisent à admettre positivement et à affirmer la reproduction des Diatomées, au moyen de germes qui sortiraient des sporanges ou des frustules carpiques. Tout d'abord, en reconnaissant la présence des frustules sporangiaux ou carpiques, si faciles à distinguer à leur taille exceptionnelle, on en remarquait le petit nombre par rapport aux frustules or-

dinaires, circonstance qui, à mon sens, dénote le rôle spécial et transitoire des premiers dans l'élaboration des germes reproducteurs. M. Rabenhorst, dans son livre sur les Diatomées d'eau douce, signale en 1853 un *Melosira* dont l'un des frustules sporangiaux laissait échapper par une ouverture latérale des germes très-reconnaissables qui sont figurés dans la planche X de l'ouvrage cité. Il est rapporté au volume VI du *Quarterly Journal of Microscopical Science* que dans la séance de la Société d'histoire naturelle de Dublin, du 7 mai 1858, l'illustre micrographe O'Meara lut une relation de ce qu'il lui était arrivé d'observer quelques jours auparavant, en examinant une collection récente qui contenait des *Pleurosigma Spencerii*. L'endochrome de cette espèce, au lieu d'offrir la couleur qui lui est ordinaire, était d'un beau vert et contenait des granules épars d'un vert bleuâtre. Ceux-ci, dans la partie inférieure de la cellule, se déplaçaient comme par des élans soudains, et finalement on les vit à quelque distance des frustules, d'abord solitaires, puis par paires et peu à peu plus abondants, jusqu'à atteindre le nombre de six ou huit; ils étaient munis à l'extrémité de cils vibratiles qui s'agitaient vivement. Le jour suivant, l'aspect des frustules était changé; on n'y découvrait plus que de rares granules, l'endochrome avait pris une teinte olivâtre, et, au lieu d'être épars dans la cellule, il était ramassé en bandes étroites le long de ses deux côtés.

Ces observations de MM. Rabenhorst et O'Meara démontrent manifestement qu'il se forme des germes dans les frustules carpiques des Diatomées, et que ces germes en sortent à un moment donné. De plus, certains cas ont été signalés dans lesquels de nombreuses petites Diatomées ont été vues renfermées dans une ampoule ou vésicule commune. Ainsi en avril 1852, Smith, étudiant une récolte de *Cocconema Cistula*, reconnut une parfaite ressemblance entre les petits frustules emprisonnés et les frustules libres ambiants, parmi lesquels il s'en trouvait d'aussi exigus que les frustules inclus, et d'autres qui offraient tous les intermédiaires de taille entre ces derniers et les frustules adultes et conjugués. De semblables vésicules-mères (*cisti*, cystes) ont été rencontrées par Christophe Johnson, en octobre 1851, dans

le *Synedra radians*, et par Smith, en novembre 1853, dans la même espèce. J'ai eu moi-même l'occasion de faire une pareille observation, dans le printemps de 1856, en recueillant le *Cocconeis Placentula*, près de Palazzuolo, sur l'aqueduc de la fontaine d'Albano.

D'ailleurs, après les observations que j'ai faites cette année dans le cours des mois de février et mars, il ne me semble pas possible de garder encore quelque doute sur la réalité de la reproduction des Diatomées par germes ou spores. Dans le dessein de me procurer l'occasion d'étudier le développement de ces petites plantes, le 10 février, je remplis un verre avec de l'eau de la fontaine de Trévi et j'y délayai une parcelle d'une pellicule verte qu'avec une lancette j'avais détachée d'une petite motte de fumier. Le verre recouvert d'une glace fut exposé à la lumière sur l'appui d'une fenêtre, et au bout de peu de jours il présentait une belle végétation de petits amas verdoyants, les uns reposant sur le fond du vase, d'autres tapissant ses parois ou même flottant à la surface de l'eau. Le 26 février, un de ces groupes flottants fut soumis à l'examen microscopique entre deux verres. Je vis alors une innombrable quantité de belles spores sphériques, vertes, remplies d'une matière granuleuse au sein de laquelle on distinguait quelques noyaux ou petits corps arrondis d'un vert bleuâtre. Ce contenu plastique n'avait point du reste le même aspect grenu dans toutes les spores; chez beaucoup d'entre elles, il avait perdu plus ou moins cette apparence uniforme et il tendait à s'organiser en masses distinctes, de sorte que plusieurs états intermédiaires ou de transition me convainquirent qu'il y avait identité de nature entre les spores à endochrome granuleux et certaines vésicules hyalines très-abondamment répandues parmi elles. Dans chacune de ces vésicules ou cystes (*cisti*) étaient renfermées deux ou trois navicules pourvues d'un endochrome d'un vert glauque et de deux grosses gouttelettes probablement de nature huileuse, car elles réfractaient fortement la lumière. Je ne pus méconnaître là de vraies Diatomées; ayant en effet légèrement appuyé sur la fine lamelle de verre qui recouvrait la préparation microscopique, je rompis quelques vésicules et mis en liberté les navicules incluses,

lesquelles, en suivant le mouvement imprimé au liquide ambiant, tournèrent sur elles-mêmes et me montrèrent alternativement leurs côtés elliptiques et leurs faces rectangulaires. Je vis en outre quelques frustules ou valves dépouillées de leur endochrome sur lesquelles on pouvait distinguer la ligne médiane caractéristique et le nodule central.

Parmi les nombreuses vésicules hyalines et diatomifères que j'avais sous les yeux à l'état de repos, j'en remarquai deux animées d'un mouvement gyratoire qui fut d'abord très-vif, puis qui se ralentit jusqu'à devenir insensible. Les corpuscules suspendus dans l'eau, et qui se trouvaient à proximité de ces vésicules en mouvement, étaient attirés par elles, comme par un tourbillon, ce qui me fit supposer qu'elles étaient munies de cils vibratiles. Effectivement, je finis par découvrir sur chacune d'elles deux cils de cette sorte, d'une grande ténuité, opposés l'un à l'autre, doués d'un mouvement très-vif et plus longs que le diamètre des vésicules ; celles-ci étaient donc de vraies zoospores.

Depuis cette observation, j'ai eu garde de négliger les circonstances qui accompagnent la production des Diatomées, persuadé que les notions qu'elles peuvent fournir serviront utilement à définir et limiter les espèces, à faire distinguer en elles les vrais caractères différentiels des simples variations, parmi lesquelles les unes sont purement transitoires et dépendent de l'âge de l'individu, tandis que d'autres constituent plutôt, sans doute, des anomalies ou des monstruosités déterminées par des accidents survenus lors de la naissance ou pendant le développement des frustules diatomiques.

Entre toutes les observations qu'il m'a été donné de faire, j'en noterai une en particulier dont l'objet me fut aussi fourni par les pellicules vertes obtenues comme je l'ai dit plus haut. Ayant mis un peu de cette matière verte dans un appareil spécial où les objets peuvent être conservés plusieurs jours dans l'eau sans déplacement ni altération, je m'aperçus au bout de quelque temps que le verre qui recouvrait la préparation était parsemé sur une certaine étendue de corpuscules verts extrêmement fins. Parmi ceux-ci, les uns semblaient un point rond,

d'autres étaient légèrement ovales; les plus petits d'entre les corpuscules ovales constituaient une simple masse verte, d'autres, un peu moins exigus, n'étaient rien autre que des cellules ovales renfermant chacune deux masses distinctes; enfin les corpuscules les plus volumineux ne se distinguaient point d'une très-petite navicule.

Cette reproduction des Diatomées par germes isolés ne contredit aucunement l'observation que j'ai rapportée plus haut, et qui montre ces plantules s'organisant au sein d'une vésicule. Une telle diversité peut bien correspondre à la diversité des espèces, et d'ailleurs, s'il y a là une apparence d'anomalie, elle ne surprendra pas ceux qui sont familiarisés avec l'étude des êtres inférieurs du règne végétal.

Un caractère constant pour toute Diatomée encore jeune se trouve, d'après mes observations, dans la couleur spéciale de son endochrome. D'abord d'un vert gai, comme la chlorophylle, l'endochrome passe au vert glauque ou bleuâtre, puis au vert olivâtre, au jaune, et finalement à cette teinte d'un jaune roussâtre ou ochracée qui appartient aux Diatomées parfaites ou adultes. Cette remarque s'accorde avec ce que dit M. O'Méara du *Pleurosigma Spencerii*, lequel était vert au moment de l'émission des germes et olivâtre le lendemain. Aussi n'ai-je pas de peine à me persuader que l'endochrome des Diatomées n'est rien autre chose que de la chlorophylle véritable qui prend une teinte jaune, roussâtre ou ocracée, à mesure qu'elle s'assimile du fer en plus grande quantité. La présence de ce métal dans les Diatomées a été démontré par les analyses dues à M. le professeur Frankland, de Manchester. L'identité chimique de l'endochrome des Diatomées et de la chlorophylle ordinaire, achève de mettre hors de doute la nature végétale de ces petits êtres.

J'ai aussi voulu essayer par l'acide azotique la matière verte diatomifère dont j'ai dit plus haut l'origine, afin d'y constater la présence de la silice, et de déterminer, s'il était possible, le moment où apparaît cet élément caractéristique. J'ai exécuté mon expérience avec soin, de façon à ne perdre, dans les lavages multiples nécessités par l'opération, que le moins possible des

corpuscules ténus, objets de mes recherches. Comme dernier résultat, j'obtins une très-minime quantité de matière siliceuse que je préparai au baume de Canada pour l'observation microscopique, et si je n'y pus découvrir des formes vraiment embryonnaires, qu'avaient sans doute détruites mes manipulations, j'y reconnus cependant des individus appartenant aux *Nitzschia minutissima*, *linearis* et *Amphioxys* (qui sont du nombre des plus petites espèces du genre *Nitzschia*), au *Pinnularia radians* et à une sorte d'*Amphora*. Toutefois, pour cet examen délicat, j'ai dû faire usage de l'éclairage oblique, bien que je me servisse d'un excellent objectif n° 10, à correction et à immersion, de Hartnack. Indépendamment des formes spécifiques que je viens de nommer, ma préparation en contenait quelques autres très-petites et à la surface desquelles je n'ai su apercevoir aucun détail caractéristique; celles que j'ai pu déterminer étaient elles-mêmes d'une extrême petitesse, et telles, que je n'en ai jamais rencontré de semblables dans les nombreuses circonstances où les espèces signalées s'étaient offertes à moi auparavant.

Il y aurait peut-être lieu de traiter ici la question de savoir si le frustule déjà formé se développe et grandit postérieurement, si de nouvelles stries s'ajoutent à celles qui ornent ses parois dès le début, ou si les stries alors existantes s'écartent ultérieurement les unes des autres, sans devenir plus nombreuses, de façon qu'un espace donné sur le frustule contiendrait un nombre variable de lignes, suivant l'âge que ce dernier aurait atteint. Dût mon opinion à cet égard contredire celle d'un de nos plus habiles micrographes, je crois cependant pouvoir avancer qu'une Diatomée, comme tout autre être né d'un germe, naît petite et grandit au fur et à mesure qu'elle parcourt les diverses périodes de son existence; et je crois que cet accroissement peut varier dans son mode, suivant les espèces que l'on considère. Mais comme ce sujet est étroitement lié avec la question difficile des vraies limites entre les genres, les espèces et les variétés des Diatomées, je remets à un autre moment d'en parler plus longuement.

SUR

LE MOUVEMENT DES GAZ DANS LES PLANTES AQUATIQUES,

Par M. G. LECHARTIER.

Je demande à l'Académie la permission de lui faire connaître quelques expériences qui prouvent que, indépendamment des gaz qui peuvent être puisés dans l'eau par les feuilles, il y a des gaz qui sont absorbés soit par les racines, soit par la tige, et qui traversent la plante pour être exhalés par les feuilles. Toutes les expériences citées dans cette Note ont été faites, au mois d'août dernier, sur des *Nymphæa* végétant en pleine rivière, fixées au sol dans leur position naturelle, et se trouvant par conséquent dans leurs conditions normales de végétation.

La tige des *Nymphæa* rampe sous la vase, et se termine à son extrémité par un bouquet de feuilles, dont les pétioles plus ou moins longs s'insèrent tous presque à la même hauteur sur la tige. Tantôt les feuilles sont complétement submergées, et alors elles sont plissées; tantôt leur limbe fixé à l'extrémité d'un long pétiole vient s'étaler à la surface de l'eau, la face supérieure de la feuille en contact avec l'air atmosphérique. Des canaux lacuneux s'étendent sans interruption dans le pétiole depuis la tige jusqu'à l'intérieur du limbe, à tel point qu'on peut gonfler la feuille en insufflant de l'air dans le pétiole que l'on a séparé de la tige.

1° Le 23 août, à midi, sur un pied de *Nymphæa* complétement immergé, on enlève une des feuilles les plus rapprochées de la surface de l'eau en coupant le pétiole près du limbe. Il se produit immédiatement un dégagement rapide de bulles gazeuses qui se régularise bientôt. L'extrémité du pétiole est à 14 centimètres au-dessous du niveau de l'eau. On l'introduit dans un long tube de verre gradué et plein d'eau. Le gaz, en s'accumulant dans l'éprouvette, arrive jusqu'au pétiole; à partir de ce moment, l'ouverture béante est dans le gaz. Le dégage-

ment continue, mais avec une augmentation de la pression du gaz à l'intérieur de la plante. Le dégagement, commencé avec une force élastique du gaz égale à la pression atmosphérique augmentée de 14 centimètres d'eau, continue encore lorsque la force élastique du gaz à l'intérieur de la plante surpasse de 26 centimètres d'eau la pression atmosphérique.

Le dégagement se produit sans interruption, pendant toute l'après-midi, dans la lumière diffuse, et ne cesse que lorsque l'obscurité est complète. C'est le phénomène si bien analysé par M. Van Tieghem.

La force élastique du gaz reste stationnaire pendant la nuit à l'intérieur de la plante. A 7 heures du soir, l'extrémité du pétiole est au milieu du gaz contenu dans le tube, et le niveau du gaz est à 22 centimètres au-dessous du niveau de la rivière. Le lendemain, à 6 heures 30 minutes du matin, le niveau est encore le même. Le dégagement recommence vers 8 heures 30 minutes sous l'influence des rayons solaires pour continuer de la même manière que le jour précédent.

Voici la composition du gaz recueilli le 24 août, de 8 heures 45 minutes à 11 heures :

Oxygène	12,0
Azote	88,0
	100,0

La totalité du gaz recueilli depuis le 23, à midi, jusqu'au soir du 24, a été 220 centimètres cubes.

Voilà le phénomène tel qu'on l'observe sur un pied de *Nymphœa* dont on n'a coupé qu'une seule feuille, et qui en porte plusieurs autres.

2° On enlève d'autres feuilles du même pied en coupant les pétioles à une distance de la surface de l'eau plus grande que pour le premier pétiole. Il ne sort pas de gaz de ces nouvelles ouvertures faites dans la plante, et le gaz continue à se dégager du pétiole le plus élevé.

On peut donc enlever toutes les feuilles d'un même pied et couper tous les pétioles, de telle sorte que le dégagement de gaz ne se produise que par l'un d'eux.

Ce phénomène s'explique par cette remarque que le gaz, pour sortir d'un pétiole, doit avoir une force élastique suffisante pour vaincre la pression atmosphérique augmentée d'une hauteur d'eau égale à la distance de son extrémité à la surface du liquide. Le dégagement qui s'est produit dans le pétiole le plus élevé a déterminé à l'intérieur de la plante une certaine force élastique, qui est trop faible pour que le gaz puisse sortir par les pétioles voisins dont les extrémités supportent une pression plus forte.

3° Le 21 août, à midi, sur un pied de *Nymphœa* portant des feuilles submergées et une feuille flottant à la surface de l'eau, on coupe la feuille flottante près du limbe, et l'on introduit dans un long tube plein d'eau l'extrémité béante du pétiole, de manière à l'élever un peu au-dessus du niveau extérieur de l'eau. Le dégagement du gaz se produit ; on coupe alors toutes les autres feuilles près du point d'insertion du pétiole sur la tige. Rien ne se dégage par les nouvelles sections faites dans la plante, et le mouvement gazeux primitif n'est pas altéré : il avait commencé sous une pression inférieure à la pression atmosphérique, et il continue sous une pression supérieure de 12 centimètres d'eau à la pression atmosphérique.

De midi à 7 heures, il se dégage 262 centimètres cubes de gaz. A 7 heures, le mouvement s'arrête, recommence le lendemain avec la même intensité, et on l'a observé ainsi jusqu'au 24 août à 7 heures du soir. Le 23, la force élastique du gaz est devenue assez forte pour surpasser de 18 centimètres d'eau la pression atmosphérique.

Le gaz recueilli le 23, de 1 heure 5 minutes à 5 heures du soir, avait pour composition :

Oxygène	10,0
Azote	90,0
	100,0

La totalité du gaz dégagé a été de 1028 centimètres cubes.

Tous ces phénomènes : volume du gaz dégagé, variation de pression à l'intérieur de la plante, composition du gaz, régularité dans les intermittences du dégagement, se produisent iden-

tiquement de la même manière, que la plante porte des feuilles ou qu'elle en soit complétement privée.

4° J'ai pu analyser séparément le gaz existant à diverses profondeurs dans un pied de *Nymphæa*.

Le 20 août, sur un pied de *Nymphæa* dont toutes les feuilles flottent à la surface de l'eau, et dont les pétioles ont environ 1m,60 de longueur, on coupe un pétiole près du limbe. La face supérieure des feuilles étant en contact avec l'atmosphère, la force élastique du gaz intérieur n'est pas supérieure à la pression atmosphérique. Si l'on maintient l'ouverture du pétiole à 1 centimètre au-dessous du niveau de l'eau, il ne se dégage aucune bulle gazeuse. Mais si l'on fait pénétrer le pétiole dans un long tube plein d'eau, de manière à placer son extrémité au-dessus du niveau extérieur de l'eau, le dégagement commence, et si cette extrémité est portée à 10 centimètres au-dessus du niveau extérieur, le dégagement se fait avec une telle rapidité, que l'on peut, en quinze minutes, remplir dix tubes contenant chacun 60 centimètres cubes de gaz, c'est-à-dire recueillir 600 centimètres cubes. Dans ce temps se trouve compris celui qui est nécessaire pour remplir les éprouvettes d'eau. La dixième éprouvette se remplit de gaz aussi rapidement que la première.

A 6 heures 30 minutes du matin, on fait une récolte de gaz comme il vient d'être dit, et l'on analyse le gaz de la première, de la cinquième et de la sixième éprouvette :

	Éprouvette I.	Éprouvette V.	Éprouvette X.
Acide carbonique	1,0	3,0	2,5
Oxygène	7,7	8,1	8,2
Azote	91,3	88,9	89,3
	100,0	100,0	100,0

A 11 heures 33 minutes du matin, récolte de gaz faite sur le même pied. Analyse du gaz contenu dans les éprouvettes I, V et X :

	Éprouvette I.	Éprouvette V.	Éprouvette X.
Acide carbonique	0,5	2,5	2,4
Oxygène	9,0	9,7	9,7
Azote	90,5	87,8	87,9
	100,0	100,0	100,0

A 2 heures 30 minutes, même récolte sur le même pied. Analyse du gaz des éprouvettes I et V :

	Éprouvette I.	Éprouvette V.
Acide carbonique	0,5	2,0
Oxygène	16,8	10,7
Azote	82,7	87,3
	100,0	100,0

Après chaque expérience, le pétiole qui avait servi au dégagement du gaz était coupé assez bas au-dessous de l'eau, pour que, d'une expérience à l'autre, il ne pût pas sortir de gaz par l'ouverture faite dans la plante. La totalité du gaz, sorti de la plante en moins de quarante-cinq minutes, s'est élevée à un litre et demi.

De ces analyses, il résulte que le gaz contenu dans la tige est plus riche en acide carbonique que le gaz qui est renfermé dans le pétiole. A un même point de l'intérieur de la plante, la proportion d'acide carbonique diminue, et celle de l'oxygène augmente à mesure que l'action solaire s'est prolongée plus de temps ; mais la même différence de composition s'observe toujours entre le gaz sorti du pétiole et celui qui s'est dégagé des parties les plus profondes. La proportion d'oxygène est faible, plus faible même que dans l'air atmosphérique. Ces analyses montrent donc bien que les gaz ont été puisés dans les couches profondes et vaseuses de l'eau.

CONSPECTUS SYSTEMATICUS

SPECIERUM GENERIS SILENES

(HELIOSPERMATIS ATQUE ELISANTHES GENERIBUS EXCLUSIS)

Auctore P. ROHRBACH.

Quum Silenes species, quæ in hortis coluntur, pleræque etiam atque etiam nominibus aut irritis aut erroneis designentur, cujus rei specierum in variis hortis false determinatarum emendatione exemplum infra dabitur, criticam specierum in dies numero auctarum recensionem hortis botanicis haud inutilem esse putavit horti Berol. director, prof. Alex. Braun, cujus voto respondens conspectum specierum propono, distributionem secutus, qua usus sum in totius generis monographia mox in lucem edenda. Synonyma vulgatissima cuique speciei addidi; species dubias exclusi.

SUBGEN. I. — BEHEN.

Æstivatio petalorum imbricativa. Species perennes.

1. S. pungens Boiss.
2. S. pygmæa Adams, non Link (S. spathulata M. B. et auct.).
3. S. odontopetala Fenzl (var. γ S. sinaica Boiss.).
4. S. turgida M. B. (S. altaica Otth., non Pers.)
5. S. nubigena Phil.
6. S. plutonica Naud.
7. S. Douglasii Hook.
8. S. Fabaria (L.) Sibth. et Sm. (S. Cserei Baumg. et hort. Ber., ab. auctoribus false ad S. saponariæfoliam Schott numerata.)
9. S. cæsia Sibth. et Sm.
10. S. variegata (Desf.) Boiss. et Heldr.
11. S. ampullata Boiss.
12. S. procumbens Murr.
13. S. Thorei Duf. (S. crassifolia Thore, non L. Cucubalus glaucus W., herb. 8579.)
14. S. maritima With.

15. S. inflata (Salib.) Sm. (Cuc. Behen L.)

β. angustifolia Ten. (S. Coulteriana Otth., S. Tenoreana Colla.)

γ. saponariæfolia Schott, excl. syn. Baumg.

δ. commutata Guss.

ε. alpina Thom.

16. S. nivea (Nutt.) DC.

17. S. physalodes Boiss.

18. S. fimbriata (M. B.) Sims. Cuc. multifidus Ad.)

β. lacera (Stev.) Sims.

Subgen. II. — SILENE.

Æstivatio petalorum contorta.

§ 1. CONOSILENE.

Calyx 20-, 30-, vel 60- nervius, evenius. Species annuæ.

19. S. ammophila Boiss. et Heldr.
20. S. coniflora N. v. E.
21. S. subconica Friv.
22. S. Juvenalis Del.
23. S. lydia Boiss.
24. S. Sartorii Boiss. et Heldr.
25. S. conica L.
26. S. conoidea L. (S. cylindriflora Otth., S. dioica Fisch. et M.)
27. S. macrodonta Boiss.

§ 2. EUSILENE.

Calyx 10- nervius. Species annuæ vel perennes.

Sectio I. — CINCINNOSILENE.

Flores in cincinnis simplicibus vel geminatis, plerumque breviter pedicellati.

Series 1. DICHOTOMÆ.

Flores in cincinnis geminatis. Species annuæ vel biennes.

28. S. lagenocalyx Fenzl.
29. S. græca Boiss. et Sprun.
30. S. dichotoma Ehrh.

β. racemosa Otth. (S. Sibthorpiana Rchb.)

31. S. vespertina Retz. (S. bellidifolia Jacq., S. hispida Desf.)
32. S. disticha W. (S. micropetala Rœm., S. tricuspidata Desf.)

Series 2. BIPARTITÆ.

Flores in cincinnis simplicibus. Species annuæ.

A. Sem. reniformia faciebus curvato-excavata, dorso (exc. S. gallica) obtuse canaliculata.

33. S. gallica L. (S. Candollei Jord.)
  β. lusitanica L. (S. Sardoa Moris, S. Gallica var. Gomerana C. Bolle.)
  γ. anglica L. (β. divaricata Godr.)
  δ. pygmæa Link.
  ε. quinquevulnera L.
34. S. cerastioides L. (S. coarctata Lag., S. sclerocarpa Desf.)
  β. Giraldii Guss.
35. S. tridentata Desf.
36. S. reflexa (L.) Ait. (D. neglecta Ten.)
37. S. nocturna L. (S. spicata DC., S. nyctantha W., S. inclusa Hornem., S. pinguis Vahl.)
  β. brachypetala Rob. et Cast.
  γ. permixta Jord.
38. S. remotiflora Vis.
39. S. obtusifolia W. S. (S. colorata Schousb. non Poir., S. pachyphylla h. Berol.)
40. S. hirsuta Lag. (S. hirsutissima Oth., β. S. sabuletorum Lk.)
41. S. pompeiopolitana J. Gay.
42. S. palæstina Boiss.
  β. damascena Boiss. et Gaill.
43. S. affinis Boiss. (S. arabica Boiss.)

B. Semina reniformia valde compressa, faciebus concaviuscula, dorso acute canaliculata.

44. S. ligulata Viv.
45. S. biappendiculata Ehrbg. (Bot. Ztg. 1867.)
46. S. setacea Viv.
47. S. Heldreichii Boiss.
48. S. Schweinfurthii m. (Bot. Ztg. 1867.)
49. S. chirensis Rich.

C. Semina reniformia, faciebus plana, dorso obtuse canaliculata.

50. S. trinervia Seb. et M.
52. S. scabrida Soy. W. e. Godr.
52. S. micropetala Lag. non DC. (S. micrantha Link. S. vestita Soy. W. et Godr.)
53. S. cisplatensis Camb.
54. S. imbricata Desf.
55. S. brachystachys Webb.
56. S. clandestina Jacq. (S. linifolia W.)
57. S. discolor Sibth. et Sm.
58. S. villosa Forsk. (S. Canopica Del.)
59. S. pendula L.

D. Sem. globosa, dorso convexa, faciebus plano-convexa obtuse tuberculata.

60. S. adscendens Lag.
61. S. littorea Brot.
62. S. psammitis Link.

E. Sem. auriformia, faciebus curvato-excavata, dorso obtuse canaliculata.

63. S. sericea All. (S. hirta W., S. pubescens Lois.)

F. semina rotundata valde compressa faciebus planiuscula, dorso alis duabus undulatis marginato profunde caniculata.

64. S. colorata Poir. (S. bipartita Desf., S. ciliata W. non Pourr., S. vespertina auct. non Retz., S. bifida Roth, S. tubiflora Duf.)
 β. canescens Ten. (S. Boissieri Tin.)
 γ. lasiocalyx Soy. W. et Godr. (S. Duriæi Spach.)
 δ. pteropleura Coss.
 ε. crassifolia Moris.
 ζ. Oliveriana Otth.
65. S. ambigua Camb. (S. pyriformis hort.)
66. S. longicaulis Pourr. (S. gracilis DC.)
67. S. apetala W. (S. præcox, aspera et glauca hort.

Series 3. FRUTICULOSÆ.

Flores in cincinnis simplicibus. Species perennes.

68. S. Legionensis Lag.
69. S. atlantica Coss. et Dur.
70. S. Choulettii Coss.

71. S. Hochstetteri m. (Bot. Ztg. 1867.)
72. S. Biafræ Hook. f.
73. S. Burchellii Otth. (γ. S. pilosellæfolia Cham. et Schldl.)
74. S. Thunbergiana E. et Z.
75. S. primulæflora E. et Z.
76. S. crassifolia L.
77. S. Mundiana E. et Z.
78. S. elegans Link.
79. S. ciliata Pourr. non W. (S. Græfferi Guss.)

Sectio II. — DICHASIOSILENE.

Flores in dichasio simplici vel composito, dichasii ramo altero in speciebus paucis in florem unum reducto; aut in speciebus perennibus multis caulis 1-vel 2-floris, — rarissime inter Brachypodas flores in racemo simplici paucifloro.

A. Species perennes, inter Compactas paucæ biennes vel annuæ.

a. Petala unguibus utrinque auriculatis.

Series 1. AURICULATÆ.

Species alpinæ 1-3 floræ.

80. S. tragacantha Fenzl.
81. S. echinus Boiss. et Heldr.
82. S. falcata Sibth. et Sm.
83. S. Masmenæa Boiss.
84. S. argæa F. et M.
85. S. rhynchocarpa Boiss.
86. S. caryophylloides (Poir.) Otth. (S. stentoria Fenzl., S. subulata Boiss.)
87. S. dianthifolia J. Gay.
88. S. Orphanidis Boiss.
89. S. humilis C. A. M.
90. S. commelinæfolia Boiss.
91. S. Moorkroftiana Wall.
92. S. persica Boiss.
93. S. brevicaulis Boiss.
94. S. Boryi Boiss. cum β. tejedensis Boiss.
95. S. caucasica Boiss.
96. S. vallesia L. cum β. graminea Vis.
97. S. Tatarinovii Regel.

b. Petala unguibus exauriculatis.

Series 2. MACRANTHÆ.

Species 1-3 floræ, raro in dichasio duplici aut ramo altero in florem unum reducto; calyx elongato-clavatus seu in speciebus paucis 1-vel 2 floris, floribus longe pedicellatis, breviter clavatus. Stigmata 3.

98. S. palinotricha Fenzl.
99. S. Schafta G. Gmel.
100. S. depressa M. B. cum β. Meyeri Fenzl.
101. S. succulenta Forsk. cum β. Corsica DC.
102. S. Uhdeana Mihi.

Caulis pumilus erectus 1-florus lanuginoso-pubescens; folia late ovata apiculata in petiolum brevem attenuata; calyx clavatus basi truncatus striis viridibus pubescentibus evenius, dentibus ovatis obtusis albo-marginatis ciliolatis; petala bifida lobis oblongis, append. 2 elongatis obtusis; capsula.......

Hab. in Mexico : Uhde 1107!

103. S. microphylla Boiss.
104. S. cretacea Fisch.
105. S. arguta Fenzl. cum β. sisianica Boiss. et Buhse.
106. S. oreophila Boiss.
107. S. Aucheriana Boiss.
108. S. capillipes Boiss. et Heldr.
109. S. Campanula Pers.
110. S. Borderi Jord.
111. S. Saxifraga L. (β, S. petræa W. et Kit.)
112. S. fruticulosa Sieb. (S. parnassica Boiss.)
113. S. multicaulis Guss. (S. Notarisii Cesati.)
114. S. clavata (Hampe) m. (S. Waldsteinii Griseb.)
115. S. incurvifolia Kar. et Kir.
116. S. acutifolia Link. ined.
117. S. fœtida Link. (S. macrorhiza J. Gay.)
118. S. cordifolia All.
119. S. Lazica Boiss.

Series 3. POLYSCHEMONE.

Species pauciflora quoad floris organorum numerum valde luxurians; calyx inflatus cylindrico-campanulatus; stigmata 5-7.

120. S. nivalis (Kit.) m. (Lychnis nivalis Kit., S. Sigeri Baumg., Polyschemone nivalis Schott.)

Series 4. NANOSILENE.

Species alpinæ nanæ 1 floræ; calyx campanulatus; stigmata 3.

121. S. acaulis L.
122. S. Dinarica Sprgl.

Series 5. BRACHYPODÆ.

Flores solitarii vel bini longissime pedicellati aut in racemo paucifloro breviter pedicellati; calyx sub anthesi clavatus, fructifer oblongus.

123. S. grisea Boiss.
124. S. leptoclada Boiss.
125. S. flavescens W. et Kit. (S. mollis Hornem.)
126. S. flammulæfolia Steud.

Series 6. BRACHYANTHÆ.

Flores parvi in dichasio composito; calyx obconicus vel hyalinus breviter clavatus.

127. S. rupestris L.
128. S. Menziesii Hook.
129. S. Hœltiana Fisch.
130. S. Lerchenfeldiana Baumg.

Series 7. COMPACTÆ.

Species annuæ, biennes vel perennes. Flores in dichasio plus minus contracto capituliformi.

131. S. Armeria L.
132. S. compacta Fisch. (S. orientalis Mill.)
133. S. Reuteriana Boiss. et Bl.
134. S. Asterias Griseb.

B. Species annuæ.

a. Inflorescentiæ ramus alter in florem unum reductus, ita ut flores in axillis geminati esse videantur.

Series 8. NICÆENSES.

135. S. ramosissima Desf.
136. S. Kremeri Soy. W. et Godr.
137. S. cinerea Desf.
138. S. nicæensis All.

b. Flores in dichasio composito regulari ramis æqualibus.

Series 9. ATOCIA.

Calyx fructifer apice apertus. Stigmata 3. Semina faciebus curvato-excavata vel subglobosa profunde umbilicata.

139. S. furcata Link (S. undulatifolia Moris.)
140. S. pseudo-Atocion Desf.
141. S. divaricata Clem., non Sibth. et Sm.
142. S. Ungeri Fenzl.
143. S. rubella L. (S. Pseudolinum Ramond, S. turbinata Guss., S. babylonica Boiss.)
144. S. ægyptiaca (L.) L. fil. (S. Atocion Jacq., S. orchidea L. fil.)
145. S. atocioides Boiss.
146. S. delicatula Boiss.

Series 10. RIGIDULÆ.

Calyx fructifer apice apertus. Stigmata 3. Semina faciebus plana.

147. S. nana Kar. et Kir.
148. S. Hussoni Boiss.
149. S. rigidula Sibth. et Sm.
150. S. echinosperma Boiss.
151. S. picta Pers. (S. juncea Sibth. et Sm., S. reticulata hort., non Desf.
152. S. portensis L. (S. bicolor Thore; S. picta hort.)
153. S. reticulata Desf. (S. grata Donnersm.)
154. S. Cassia Boiss.
155. S. cariensis Boiss.
156. S. integripetala Bory et Chaub.
157. S. arenosa C. Koch (S. leyseroides Boiss.)
158. S. linearis Decne.
159. S. chætodonta Boiss.
160. S. striata Ehrbg. (Bot. Ztg. 1867.)
161. S. Ehrenbergiana m. (Bot. Ztg. 1867.)
162. S. microsperma Fenzl. (P. Kotschyi Boiss.)
163. S. pinetorum Boiss. et Heldr.
164. S. sedoides Poir.
165. S. laconica Boiss. et Orph.
166. S. inaperta L.

Series 11. LYCHNIOIDEÆ.

Calyx fructifer apice apertus. Stigmata 5.

167. S. Loiseleurii Godr. (Lychnis corsica Lois.)
168. S. læta (Ait) A. Br. (Lychnis læta Ait.)

Series 12. LEIOCALYCINÆ.

Calyx fructifer apice contractus. Stigmata 3. Calyx glaber vel raro glanduloso-pubescens.

169. S. aprica Turcz.
170. S. cretica L. (S. annulata Thore.)
β. tenuiflora Guss.
171. S. antirrhina L. (S. inamæna hort.)
172. S. lævigata Sibth. Sm.
173. S. Boissieri J. Gay (S. germana J. Gay.)
174. S. Almolæ J. Gay.
175. S. Behen L.
176. S. muscipula L.
177. S. stricta L. (S. pteropleura Boiss. et R.)
178. S. linicola Gmel.

Series 13. LASIOCALYCINÆ.

Calyx fructifer apice contractus. Stigmata 3. Calycis nervi costati scaberrimi vel pilis longis vel squamis vestiti.

179. S. crassipes Fenzl. (S. gonocalyx Boiss.)
180. S. papillosa Boiss.
181. S. echinata Otth. (S. Bergeri Schott.)
182. S. squamigera Boiss.
183. S. vesiculifera J. Gay.

Series 14. EUDIANTHE.

Calyx fructifer apice contractus. Stigmata 5.

184. S. Cœli-rosa (L.) A. Br. (Eudianthe Cœlirosa Fenzl.)
185. S. aspera (Poir.) A. Br. (Viscaria aspera Hook., Lychnis oculata Backh., Viscaria oculata Lindl., Visc. Burridgei hort.)

Sectio III. — BOTRYOSILENE.

Species perennes. Flores in racemo simplici vel composito, racemi ramis brevibus paucifloris aut elongatis iterum racemosis vel cymuliferis vel, omnibus cymarum internodiis abbreviatis, verticillastriferis, interdum axis primariæ intra inflorescentiam internodiis contractis flores capitulum formantes.

A. Calyx glaberrimus coriaceus sæpe basi annulo circulari pseudo-umbilicatus.

Series 1. SCLEROCALYCINÆ.

186. S. Frivaldzkyana Hampe (S. tincta Friv.)
187. S. bupleuroides L.
188. S. caramanica Boiss.
189. S. macrosolen Steud.
190. S. chloræfolia Sm.
 β. swertiæfolia Boiss.
 γ. Makmeliana Boiss.
 δ. Schimperiana Boiss.
191. S. longiflora Ehrh.
192. S. Cæsarea Boiss. et Bal.
193. S. laxa Boiss. et Ky.
194. S. peduncularis Boiss.
195. S. armena Boiss.
196. S. serrulata Boiss.
197. S. Balansæ Boiss.
198. S. libanotica Boiss.
199. S. struthioloides Gray.
200. S. radicosa Boiss. et Heldr.

Species affinitatis dubiæ:

201. S. tunicoides Boiss.

B. Calyx membranaceus rarissime coriaceus simulque pubescens, basi truncatus vel umbilicatus.

α. Flores in racemis simplicibus, axis primariæ internodiis nunquam abbreviatis, racemi ramis brevibus.

Series 2. CHLORANTHÆ.

Pedicelli ima basi prophyllis 2 præditi.

202. S. Drummondii Hook.
203. S. Hellmanni Claus.
204. S. chlorantha (W.) Ehrh.
205. S. tatarica (L.) Pers.
206. S. foliosa Maxim.
207. S. macrostyla Maxim.
208. S. tenuis W. (S. viscaginoides Hornem. S. graminifolia Otth.)
209. S. lychnidea C. A. M.
210. S. Reichenbachii Vis.
211. S. linifolia Sibth. et Sm. non W. (S. linoides Otth.)

Series 3. SUFFRUTICOSÆ.

Pedicelli ad medium versus seu apice prophyllis 2 præditi.

212. S. nodulosa Boiss.
213. S. goniocaula Boiss.
214. S. eriocalycina Boiss. (S. albescens Boiss.)
215. S. caspica Pers. (S. suffrutescens M. B.)
216. S leptopetala Schrenk.
217. S. petræa Adams non W. K. (S. angustifolia M. B. non Guss.)
218. S. lineata Boiss. et Buhse.
219. S. Montbretiana Boiss.
220. S. Brahuica Boiss.
221. S. Urvillei Schott.
222. S. altaica Pers.; non Otth. (S. dianthifolia Otth.)
223. S. lithophila Kar. et Kir.
224. S. tenella C. A. M.
225. S. canariensis W.
226. S. noctiolens Webb et Berth.
227. S. stenobotrys Boiss. et Hausskn.
228. S. Semenowii Rgl. et Herd.
229. S. odoratissima Bunge.
230. S. anisoloba Schrenk.

b. Flores in racemo simplici vel composito verticilliastrifero aut, axis primariæ internodiis intra inflorescentiam abbreviatis, flores capitulum plus minus densum formantes.

Series 4. CAPITELLATÆ.

Flores in racemo simplici contracto capituliformi, raro non contracto; calyx brevis turbinatus vel oblongo-campanulatus; ungues ciliati raro glabri.

231. S. cæspitosa Stev.
232. S. pharnaceifolia Fenzl.
233. S. cephalantha Boiss.
234. S. dianthoides Pers.
235. S. Rœmeri Friv.
236. S. olympica Boiss. (S. calyculata C. Koch.)
237. S. capitellata Bois.

Series 5. OTITEÆ.

Flores in racemis simplicibus compositisve verticilliastriferis; pedicelli ima basi prophyllis 2 præditi.

238. S. Sendtneri Boiss.

239. S. Otites (L.) Sm.

β. parviflora (Ehrh.) Pers.
γ. wolgensis (W.) Otth. (S. effusa Otth.)
δ. densiflora Urv. (S. exaltata Friv.)

240. S. holopetala Bunge.
241. S. sibirica (L.) Pers.
242. S. Falconeriana Royle.
243. S. Gebleriana Schrenk.
244. S. multiflora (W. et K.) Pers.
245. S. gigantea L.
246. S. congesta Sibth. et Sm. (S. Delphica Boiss.)
247. S. Bridgesii Mihi.

Caulis erectus cum foliis elongato-lanceolatis acutis hirtello-pubescens; flores in racemo simplici verticillastrifero; calyx oblongus fructifer ampliato-ovatus pubescens striis late viridibus evenius, dentibus elongato-obtusis albo-marginatis longe ciliatis; petala alba elongato-linearia unguibus basi ciliolatis longe exsertis bifida lobis angustissimis, append. 2 lanceolatis acutis; capsula ovato-globosa carpophorum ter quaterve superans; semina magna dorso canaliculata faciebus curvato-excavata.

Hab. in California: Bridges!

248. S. viscosa (L.) Pers.

Series 6. SPERGULIFOLIÆ.

Flores in racemo simplici vel composito, verticillastra plus minus densa interdum pauciflora ferente; pedicelli medio seu apice prophyllis 2 prædití.

249. S. repens Patrin. (S. Gypsophila Desf.)
250. S. spergulifolia (Desf.) M. B.
251. S. supina M. B.

β. pruinosa Boiss.

252. S. brachycarpa Boiss. et Bal.
253. S. armeniaca Mihi.

Differt a priore calyce ampliato-clavato nervis hispidulis dentibus ovatis obtusis neque acutis, petalorum unguibus ciliatis inclusis nec glabris exsertis, seminibus globosis dorso angulis obtusis convexo facie plana nec dorso angulis acutis planiusculo.

Hab. in collibus pr. Gumuschkhane Armeniæ: Bourg. pl. Arm. 114!

254. S. argentea Ledeb.

β. cappadocica Boiss. et Heldr.

c. Flores in racemo composito, ramis racemosis seu dichasia composita ferentibus, aut in racemo simplici ramis strictis elongatis uni- vel paucifloris.

Series 7. LASIOSTEMONES.

Flores erecti vel nutantes. Petalorum ungues et filamenta lanuginoso-ciliata.

255. S. affghanica Mihi.

Caulis erectus glaber superne viscosus; folia linearia fasciculata serrulato-ciliata; flores in racemi ramis cymosis strictis erecti; calyx tubuloso-clavatus fructifer superne ampliatus infra capsulam abrupte constrictus glaber nervis scabridulis anastomosantibus dentibus ovato-lanceolatis obtusis ciliatis; petala bipartita lobis oblongo-linearibus append. 2 parvis obtusis; capsula ovato-oblonga carpophorum æquans; semina compressa dorso canaliculata faciebus plana.

Hab. in Affghania : Griff. 314!

256. S. puberula Boiss. non Jord.

257. S. Niederi Heldr.

258. S. longipetala Vent. (S. expansa hort.)

259. S. kunawurensis Royle.

260. S. Marschallii C. A. M.

261. S. saxatilis Sims.

262. S. Engelmanni Mihi.

Caulis dense hirtello-pubescens superne glandulosus; folia lineari-lanceolata acuta scabridula; flores subcernui; calyx clavatus basi constrictus dense pubescens nervis viridibus evenius dentibus lanceolatis acutiusculis albo-marginatis longe ciliatis; petala bifida lobis ovato-oblongis, append. 2 elongatis acute bidentatis; capsula ovato-oblonga carpophorum bis terve superans; semina dorso leviter canaliculata faciebus plana.

Hab. in Nova California : Douglas!

263. S. Scouleri Hook.

Series 8. NUTANTES.

Flores nutantes. Ungues et filamenta glabra.

264. S. leucophylla Boiss.

265. S. Amana Boiss.

266. S. viridiflora L. (S. latifolia Hornem., non Poir, S. Hornemanni Steud.)
267. S. mellifera Boiss. et Reut.
268. S. catholica (L.) Ait.
269. S. stellata (L.) Ait.
270. S. nutans L.
β. glabra Schk. (S. infracta W. et Kit.)
γ. livida W. (S. pelidna Rchb.; S. rubens Vest.)

Series 9. ITALICÆ.

Flores erecti. Ungues glabri vel ciliatuli, filamenta glabra.

271. S. splendens Boiss.
272. S. italica (L.) Pers. (Cuc. mollissimus W. K., S. pilosa Sprgl.)
β. nemoralis W. et Kit. (S. capa Otth.)
273. S. spinescens Sibth.
274. S. Sieberi Fenzl.
275. S. Fenzlii Boiss.
276. S. Fortunei Vis. (Lychnis Fortunei hort.)
277. S. ovata Pursh.
278. S. nevadensis Boiss.
279. S. phrygia Boiss.
280. S. eremitica Boiss.
281. S. lanceolata Gray.
282. S. pauciflora Salm.
283 S. Salzmanni Badarro, non Otth.
284. S. paradoxa L.
285. S. fruticosa L.
286. S. rosulata Soy. W. et Godr.
β. S. crassicaulis Willk. et Costa.
287. S. mollissima (L.) Sibth. et Sm. (S. velutina Pourr., S. Salzmanni et S. tomentosa Otth.)
288. S. gibraltarica Boiss.

FIN DU HUITIÈME VOLUME.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

MONOGRAPHIES ET DESCRIPTIONS DE PLANTES.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE.

TABLE DES MATIÈRES

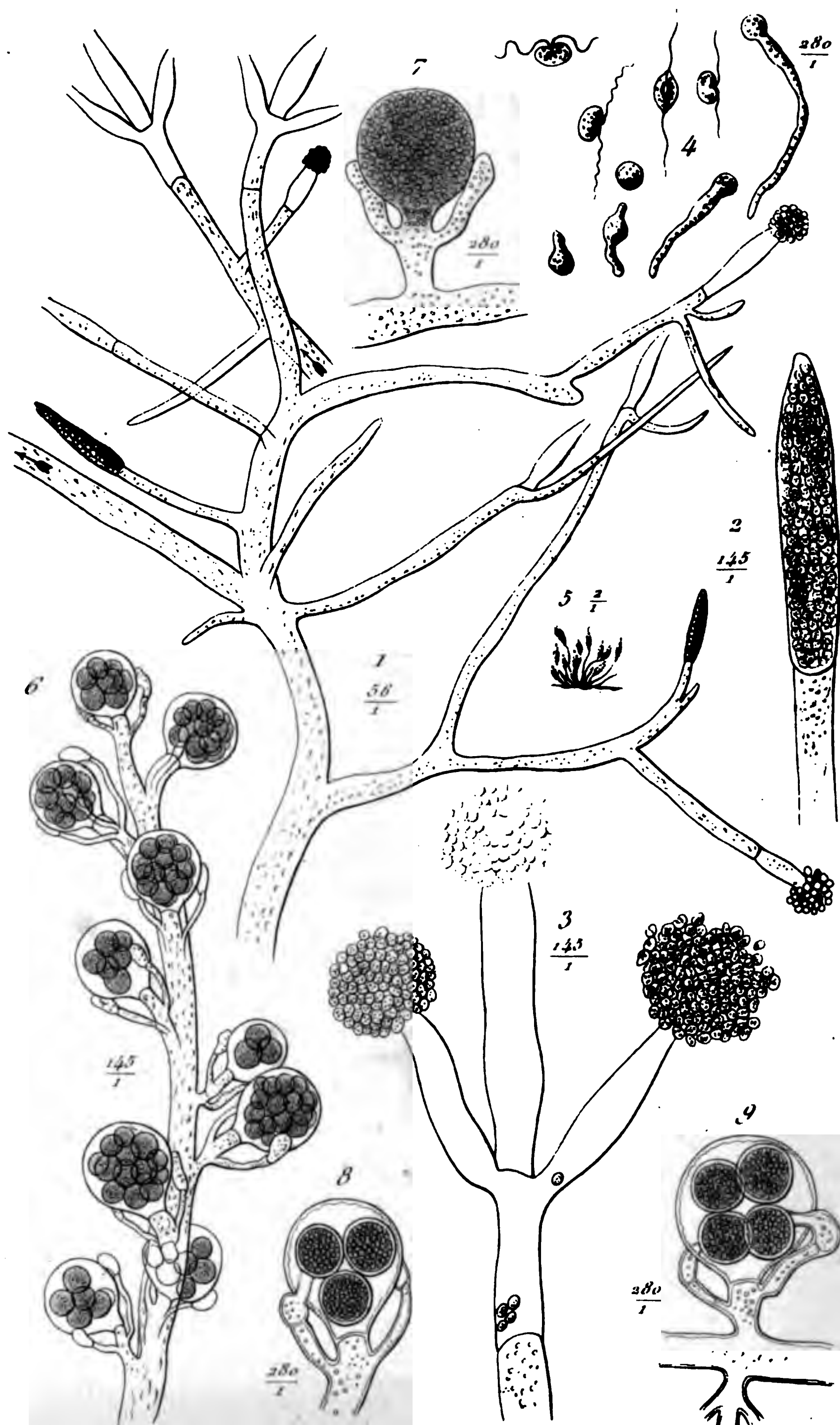
PAR NOMS D'AUTEURS.

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

FIN DES TABLES.

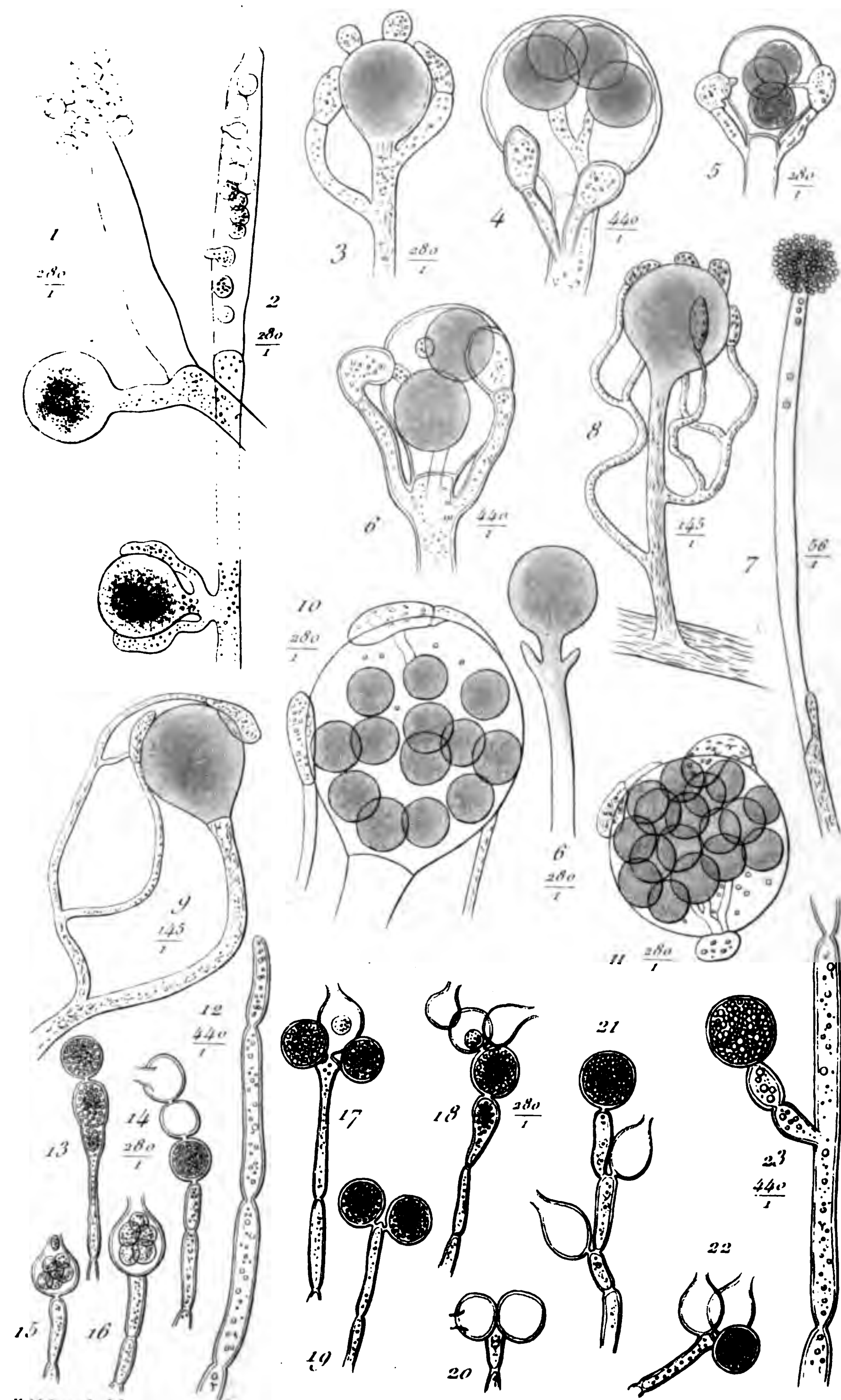
Paris. — Imprimerie de E. Martinet, rue Mignon, 2.



Hildebrand del. Pierre sc.

Achlya racemosa.

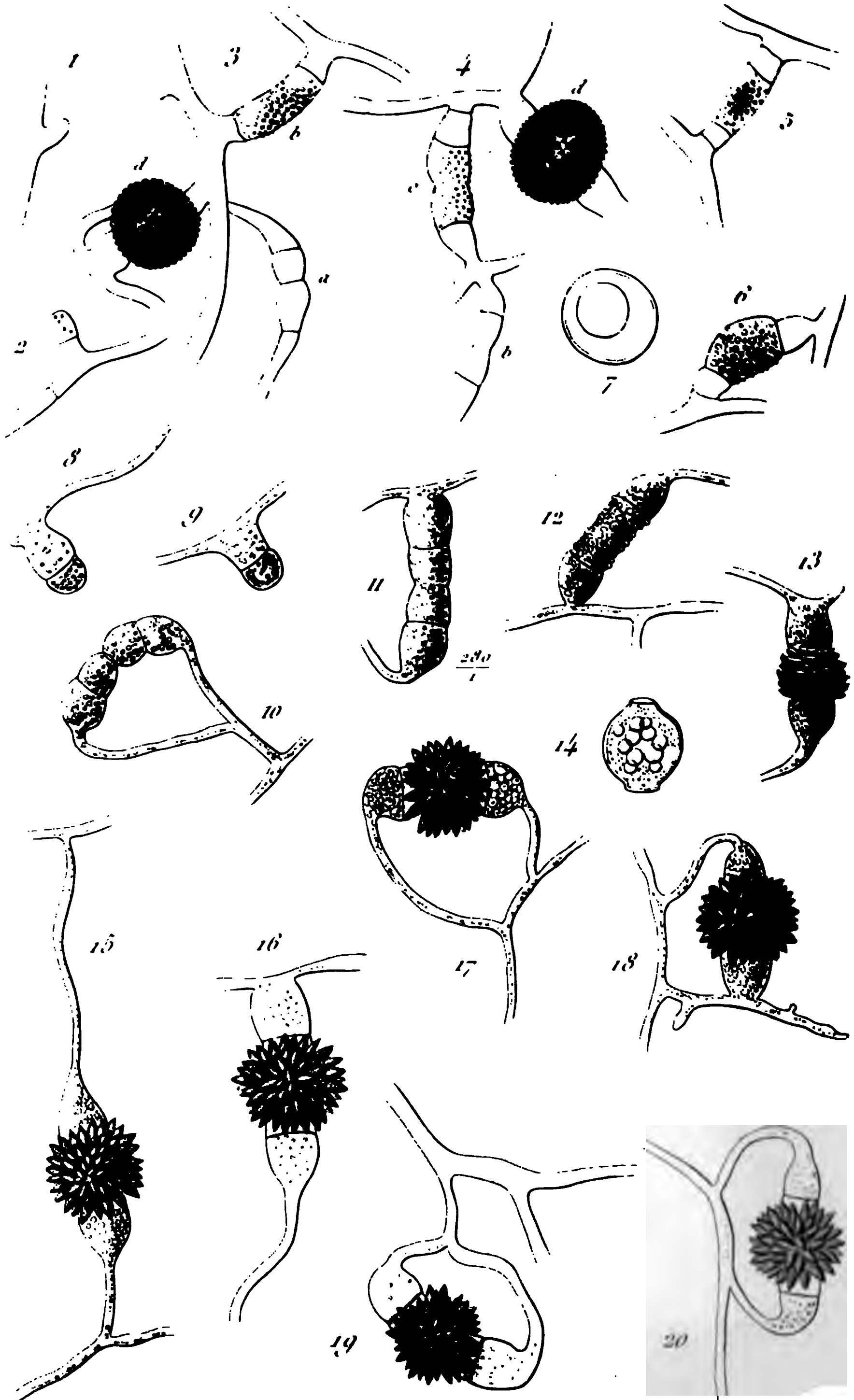
A Salmon imp. r. Veille-Estrapade 15 Paris.



Hildebrand del. Picart

Achlya lignicola.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade, 15, Paris



Hildebrand del. Picc

Syzygites ampelinus & S. echinocarpus.

A. Salmon imp. r. Vieille-Estrapade 15. Paris

